



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD
(RCM) Y SUS EFECTOS EN LA DISPONIBILIDAD DE
MÁQUINAS DE SOLDADURA EN LA EMPRESA WELDERS
PERÚ SAC”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bachiller Luján Lezama Jossimar, Edu

Asesor:

Dr. Ing. Durand Porras, Juan Carlos

Lima – Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres, por haberme apoyado, guiado y educado con reglas, valores y sacrificio, enseñanza que me ayudó a superar todo tipo de barrera que se me presentó en la vida.

A mi hijo Mayer Luciano, quien es el motivo, razón de existencia y superación constante para alcanzar mis metas, sueños y anhelos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado salud y haberme guiado hasta la culminación de la carrera.

A los Profesores y compañeros de estudio que colaboraron en esta etapa de aprendizaje y de esta manera poder lograr una de mis metas.

Indice General

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO 2.MARCO TEÓRICO	21
CAPÍTULO 3.METODOLOGÍA.....	58
CAPÍTULO 4.DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA	62
CAPÍTULO 5.RESULTADOS	114
CAPÍTULO 6.DISCUSIÓN YCONCLUSIONES.....	124
RECOMENDACIONES	128
REFERENCIAS	129
ANEXOS.....	133

Índice de tablas

Tabla 2-1 Ponderación para frecuencia de fallas.....	39
Tabla 2-2 Ponderación para impacto operacional.	39
Relacionada con la eventualidad de ejecutar una modificación rápida para seguir con la elaboración sin interrupción en costo o mermas enorme.	40
Tabla 2.3 Ponderación para flexibilidad operacional.	40
Tabla 2.4 Ponderación para Costos de Mantenimiento.	40
Tabla 2.5 Ponderación para Impacto a la Salud y el Medio Ambiente.	41
Tabla 2.6 Ponderación para grado de severidad.	46
Tabla 2.7 Determinación del Grado de Ocurrencia.	47
Tabla 2.8 Determinación del Grado de detección.	47
Tabla 2.9 Prioridad de NPR.....	48
Tabla 2.10 Enfoque 1 de la estructura del AMEF.....	49
Tabla 4.1 Resultado de ventas de equipos utilizando laboratorio de soldadura 2019.	64
Tabla 4.2 Resumen de tiempos de funcionamiento de máquinas de soldadura 2018.....	66
Tabla 4.3 Detalle de fallas de la máquina plasma CNC.....	67
Tabla 4.4 Detalle de fallas de la máquina de soldar Invertec 01.....	69
Tabla 4.5 Detalle de fallas de la máquina de soldar Invertec 02.....	70
Tabla 4.6 Detalle de fallas de la máquina de soldar Flextec.....	71
Tabla 4.7 Detalle de fallas de la máquina de soldar Power Wave.....	73
Tabla 4.8 Detalle de fallas de la máquina de soldar Power Wave.....	74
Tabla 4.9 Detalle de fallas de la máquina de soldar Power Wave AC / DC.....	75
Tabla 4.10 Detalle de fallas de equipo compresor de aire.....	76

Tabla 4.11 Detalle de fallas de equipo plasma manual.	77
Tabla 4.12 Detalle de fallas de máquina de soldar Arcweld	78
Tabla 4.13 Detalle de fallas de simulador	79
Tabla 4.14 Disponibilidad y confiabilidad. Período 2018.....	80
Tabla 4.15 AMEF – Mesa de corte por plasma.....	82
Tabla 4.16 AMEF – Máquina de soldar Invertec	82
Tabla 4.17 AMEF – Máquina de soldar Invertec	84
Tabla 4.18 AMEF – Máquina de soldar Flextec	85
Tabla 4.19 AMEF – Máquina de soldar Power Wave.....	86
Tabla 4.20 AMEF – Máquina de soldar Power Wave.....	87
Tabla 4.21 AMEF – Máquina de soldar Power Wave.....	88
Tabla 4.22 AMEF – Compresor de aire	89
Tabla 4.23 AMEF – Plasma manual.....	90
Tabla 4.24 AMEF – máquina de soldar inversora.....	91
Tabla 4.25 AMEF – Simulador de soldadura	93
Tabla 4.26 Matriz de Criticidad 5 x 5.....	94
Tabla 4.27 Resultado de análisis de criticidad según periodo 2018	95
Tabla 4.28 Nivel de disponibilidad según nivel de criticidad	96
Tabla 4.29 Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Corte Plasma CNC	97
Tabla 4.30 Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Invertec 001	98
Tabla n.º 4.31 Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Invertec 004....	99
Tabla 4.32 Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Flextec 002.....	100
Tabla 4.33 Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Power Wave 003	101
Tabla 4.34 Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Power Wave 004	102

Tabla 4.35 Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Power Wave AC / DC 005.....	103
Tabla 4.36 Plan de Mantenimiento preventivo – Compresor de aire	104
Tabla 4.37 Plan de Mantenimiento preventivo – Plasma Manual	105
Tabla 4.38.....	106
Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de soldar Inversor.....	106
Tabla 4.40 Funcionamiento de máquinas	109
Tabla 4.41 Resultado de análisis de disponibilidad y confiabilidad después de P.M.....	110
Tabla 4.42 Resultado de análisis de criticidad período 2019	111
Tabla n.º 4.43 Resultado de análisis costos de mantenimiento período 2018.....	112

Índice de Figuras

Figura 1.1. Ubicación geográfica de la empresa.....	11
Figura 1.2.. Organigrama de funciones de Welders Perú SAC. (Fuente) Welders Perú)	12
Figura 1.3. Diagrama de Causa y Efecto. (Fuente Welders Perú).....	17
Figura 2.1: Objetivos durante las etapas de mantenimiento	25
Figura 2.2: Etapas de implementación del TPM	31
Figura 2.3: Pasos de aplicación de la táctica proactiva.....	32
Figura 2.4: Etapas de Implementación del RCM	35
Figura 2.5: Matriz de Criticidad.	37
Figura 2.6: Matriz de Criticidad PEP.....	38
Figura 2.7: Relación entre el tiempo medio de reparación (MTTR), tiempo medio hasta la avería (MTTF) y tiempo medio de reparación (MTBF)	51
Figura 2.8: Relación entre disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad.	52
Figura 3.1. Métodos para recolección de datos.....	58
Figura. 5.2: Indicador falla por hora.	118
Figura. 5.3: Resumen Confiabilidad 2018-2019.....	122
Figura 5.4: Resumen disponibilidad 2018-2019.....	122

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad principal indicar cómo la aplicación de la implementación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad, aumenta la disponibilidad de las máquinas de soldadura en la empresa Welders Perú SAC (Lincoln Electric).

Las máquinas de soldadura no tenían un plan de mantenimiento preventivo, se aplicaba correctiva siempre que era necesario, por ello se tomó en consideración poder en realizar esta aplicación de mantenimiento para mejorar los indicadores disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Se considera muy importante tener los equipos disponibles y operativos al 100 % ya que estos con equipos se realizan diferentes actividades, los cuales cierran el procedimiento comercial y se espera poder cerrar los negocios que puedan presentarse.

Con la aplicación de la metodología RCM se llegó a la siguientes conclusiones: la disponibilidad aumentó de 84,4 % del 2018 a 94,1% del 2019, los tiempos de reparación de las máquinas de soldar se redujo de 790 horas en el 2018 a 343 en el 2019 siendo un 43.4%, el número de fallas disminuyo de 84 fallas en el 2018 a 57 fallas en el 2019 siendo 67.9% y los costos de mantenimiento se redujeron de S/. 15.600,00 del 2018 a S/. 8.500,00 en el 2019 siendo un 54.5%.

Obteniendo como resultado una productiva aplicación de la metodología RCM para las máquinas de soldar mejorando sus indicadores de producción.

Palabras Claves: Disponibilidad, tiempos de reparación, número de fallas, costos de mantenimiento, mantenimiento centrado en la confiabilidad.

ABSTRACT

The main purpose of this research work is to indicate how the implementation of the maintenance methodology focused on reliability increases the availability of welding machines in the company Welders Peru SAC (Lincoln Electric).

The welding machines did not have a preventive maintenance plan, corrective maintenance was applied whenever necessary, for this reason it was taken into consideration to be able to carry out this maintenance application to improve the availability and reliability indicators of the equipment.

It is considered very important to have the equipment available and operating 100% since these with equipment carry out different activities, which close the commercial procedure and it is expected to be able to close the deals that may arise.

With the application of the RCM methodology the following conclusions were reached: availability increased from 84.4% in 2018 to 94.1% in 2019, welding machine repair times decreased from 790 hours in 2018 to 343 in 2019 being 43.4%, the number of failures decreased from 84 failures in 2018 to 57 failures in 2019 being 67.9% and maintenance costs were reduced from S /. 15,600.00 in 2018 to S /. 8,500.00 in 2019 being 54.5%.

Obtaining as a result a productive application of the RCM methodology for welding machines, improving their production indicators.

Organigrama de la empresa Welders Perú SAC

Welders Perú está conformado por las siguientes funciones según figura 1.2, actualmente el puesto que ocupo es de Instructor de soldadura, aplicaciones y coordinador del centro de aplicaciones y escuela de soldadura, elaboré el plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para las maquinas eléctricas del centro de aplicaciones.

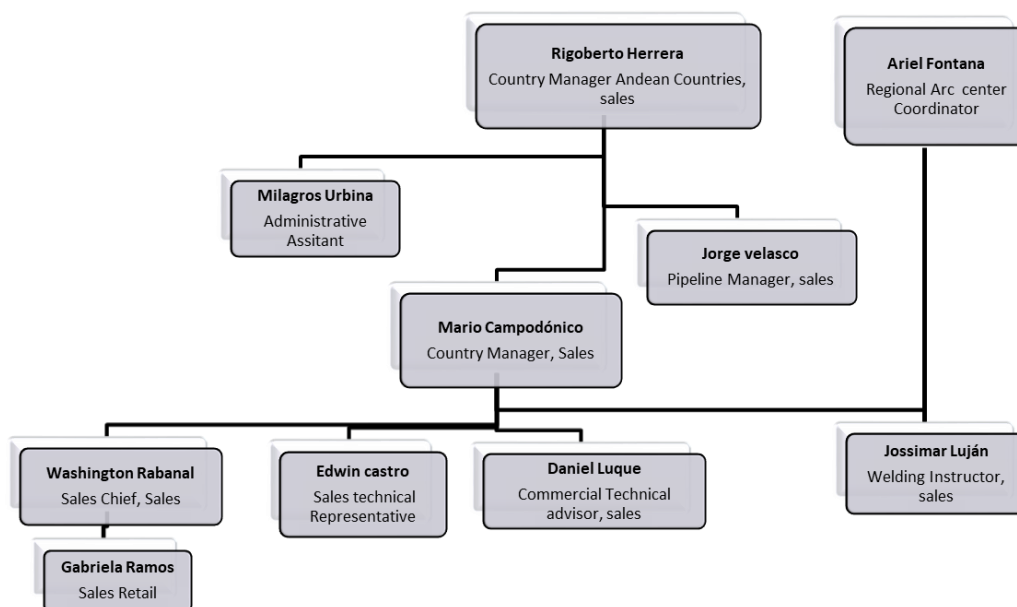


Figura 1.2. Organigrama de funciones de Welders Perú SAC. (Fuente)

1.1.2. Realidad problemática a nivel Internacional

A nivel Internacional, las problemáticas respecto a los procesos de mantenimientos siempre han estado relacionado con la productividad, calidad de servicio y confiabilidad, donde el uso de maquinarias o tecnologías son dispensables para la fabricación de productos o servicios de estas herramientas, por lo cual de estas metodologías deben ser estrictamente calificadas en base de estudios elaborados con pertenencia a la ciencia que los encierra. (Gutiérrez, 2018)

La problemática en cuanto a los tiempos improductivos y calidad de trabajo en Ecuador está asociada a la confiabilidad de sus conjuntos, empero primordialmente el crecimiento de grupos que ingresaron por criterio del otorgamiento de la garantía, que ha creado paralelamente falta de stock de ciertos repuestos claves para la continuidad de los procesos y/o servicios de mantenimiento de grupos eléctricos en el taller de metalmecánica. (Gutiérrez, 2018)

La problemática referente a la carencia de administración de mantenimiento en el departamento de ingeniería civil mecánica de la universidad técnica Federico Santa María de Chile, se inspira a que no cuenta con un sistema de gestión del trabajo, de esta forma como tampoco se usan directivas de trabajo para registrar las labores de mantenimiento que fueron desarrollados, por lo cual se reconoce por parte de los trabajadores del sitio, existente cierta confusión al instante de hacer labores preventivas primordiales, debido a que se desconoce en cual máquina se ha llevado a cabo un trabajo y en cual no. (Gómez, 2017)

La problemática referente a la falta de calidad, confiabilidad operacional, los costos de producción en Colombia enfocado en la mantención de los equipos de producción, por ello es indispensable desarrollar un procedimiento de sostenimiento de alta confiabilidad para optimar la operatividad de los métodos, certificando una encargo triunfante logrando posicionamientos de la compañía e incumplimientos con los clientes. (Cárdenas, 2011)

1.1.3. Realidad problemática a nivel nacional

A nivel nacional, la problemática por la mantención de equipos que se utilizan la industria metal mecánica siendo distribuidora de riquezas de capital como maquinaria, dispositivo e infraestructuras y provisoras de divisiones y abastecimiento para varias secciones técnicas e importantes sectores bancarios como la minería, edificación, importación, pesca y etc. Así mismo la postura en marcha de los aparatos y la maniobra de los mismos, tiene como consecuencia fallas en un cierto periodo, por lo que nace la insuficiencia de emplear en estos el mantenimiento industrial para maximizar su vida útil, impedir reprocesos en la calidad de trabajo y exceso de gastos productivos. (Diestra, 2017)

La problemática en cuanto a los rendimientos de los conjuntos en Trujillo se necesita utilización proyecto de administración de mantenimiento para aumentar la operatividad de los aparatos, el cual abandonará empequeñecer los importes de sostenimiento por mano de obra y materia prima por el compromiso de mejora de las sistematizaciones de mantenimiento y baja de las indemnizaciones por fracasos de improviso. (Diestra, 2017)

La problemática referente a la disponibilidad y confiabilidad de los equipos en empresas del rubro metalmecánica en Arequipa, da como consecuencia parada de línea de producción, demoras en las entregas de los pedidos, queja y pérdida de cartera de clientes, así mismo la carencia de gestión de mantenimiento impide acceder a implementación de una normativa de calidad. (Álvarez, 2018).

La problemática referente a la disponibilidad mecánica de equipos de carguío en Huancayo, se da por las deficientes en el área de mantenimiento las cuales no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo el cual es requerido por las unidades mineras que son los principales clientes del departamento. (Núñez, 2017)

1.1.4. Realidad problemática a nivel local.

A nivel local, las ocupaciones de mantenimiento han evolucionado a partir del inicio de las ocupaciones productivas hasta nuestros propios días. Después las máquinas han sido adquiriendo más trascendencia en los procesos productivos por lo cual se inventaron rutinas de ajuste y cambio de elementos desgastados naciendo el término de mantenimiento preventivo, el que se aceptó fundamentalmente como una tarea que, aun cuando era onerosa, resultaba elemental. (Casas, 2017)

La problemática referente a la falta de gestión de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Welder Perú SAC (Lincoln Electric), han generado altos costos en mantenimiento correctivo por servicios de terceros, ya que cuenta con equipos eléctricos mecánicos de tecnología avanzada en soldadura y corte, siendo estos utilizados para demostraciones a clientes y poder cerrar negocios, así como también calificación de soldadores, capacitaciones y desarrollo de nuevos procedimientos de soldadura y/o escuela de soldadura.

La falta de indicadores de disponibilidad de los equipos es de suma preocupación ya que para poder realizar las demostraciones de los equipos tanto en nuestras instalaciones o en situ se requiere dichos equipos disponibles y de esta manera poder cerrar ventas para importantes clientes por participación en proyectos de gran envergadura en el país.

No contar con la confiabilidad de los equipos para el desarrollo de nuevos procedimientos de soldadura y calificación de soldadores se vuelve crítico pues no se tiene las regulaciones correctas y poder ende se tiene probabilidad de error en los ensayos realizados, por falta de mejoras en los procesos operativos, conocimientos de operador, mantenimiento y logística equipos.

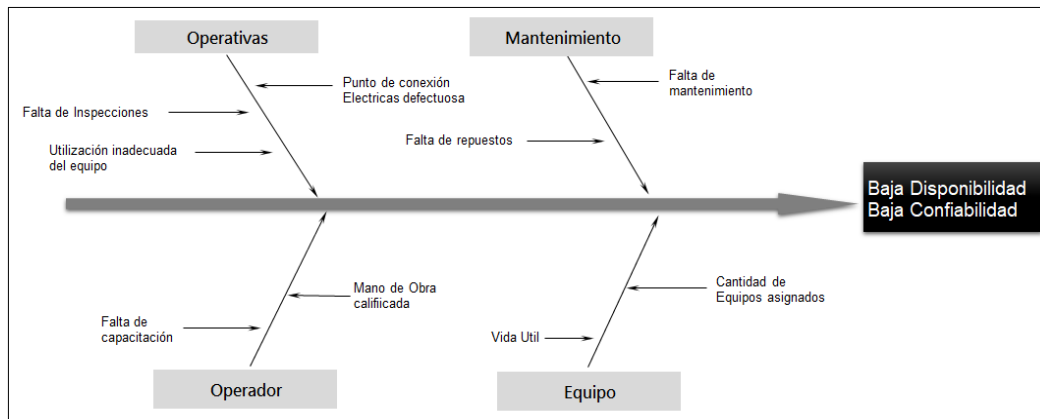


Figura 1.3. Diagrama de Causa y Efecto. (Fuente Welders Perú)

1.2. Formulación del problema

Problema General

¿Cómo mejora la aplicación de la metodología RCM la disponibilidad de las máquinas de soldadura en la empresa Welders Perú SAC?

Problema Específico

¿En qué medida favorece la aplicación de la metodología RCM en los tiempos de mantenimiento de las máquinas de soldadura en la empresa Welders Perú SAC?

¿En qué medida favorece la aplicación de la metodología RCM en la reducción de número de fallas de las máquinas de soldadura en la empresa Welders Perú SAC?

¿En qué medida favorece la aplicación de la metodología RCM en los costos de mantenimiento de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC?

1.3. Objetivos de la investigación

Objetivo general

Determinar los efectos de la aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM en la disponibilidad de las máquinas de soldadura en la empresa Welders Perú SAC.

Objetivos específicos

Determinar los efectos de la aplicación de la metodología RCM en los tiempos de mantenimiento de las máquinas de soldadura en la empresa Welders Perú SAC.

Determinar los efectos de la aplicación de la metodología RCM en la reducción de números de fallas de las máquinas de soldadura en la empresa Welders Perú SAC.

Determinar los efectos de la aplicación de la metodología RCM en los costos de mantenimiento.

1.4. Justificación de la investigación

Justificación de la investigación

La necesidad de contar con equipos confiables desde el punto de vista operativo, calidad y seguridad, obliga a poder mejorar las actividades del mantenimiento para evitar las fallas y reducir las paradas imprevistas del mantenimiento correctivo y aumentar la calidad de servicio de todas las actividades que se pueden realizar.

Justificación teórica

La presente investigación es importante porque se comprueba a la teoría de la mejora continua empleando la aplicación metodología mantenimiento centrado a la confiabilidad (RCM) de máquinas en un laboratorio de soldadura, aportando constantemente con la mejora continua de los procesos operativos, dejando los resultados como propuesta para ser incorporado como conocimientos a la ciencia de la educación.

Justificación Práctica

La presente investigación es fundamental porque existe la necesidad de poder hacer la aplicación de una estrategia de mantenimiento con base en la metodología RCM que incluye la programación, asignación y realización de las ocupaciones de mantenimiento en una estructura de servicios empero que además se puede utilizar e organizaciones productivas o industriales, para lograr mejorar la confiabilidad, disponibilidad, tiempos del mismo modo mejorando los precios de mantenimientos.

Justificación Cuantitativa

La presente investigación es importante porque permite cuantificar la confiabilidad de los equipos. Con el cumplimiento del plan de mantenimiento se pudo aumentar la disponibilidad a un 8.4%, se logró reducir también costos de mantenimiento a un 54.5% y se aumentó la confiabilidad de los equipos en un 34.3%.

Justificación Tecnológica

El estudio de la confiabilidad de los equipos contribuye con la optimización de sus funciones, con un plan de mantenimiento se puede controlar el desgaste de aparatos y máquinas y aumentar la vida útil. El planeamiento hoy en día centra sus ideas en diseño o mejorar su plan de mantenimiento con la finalidad de disminuir las paradas improductivas de los equipos y reflejarlo en un aumento de confiabilidad.

Justificación Normativa

La presente investigación se realizó bajo las siguientes normas:

- Norma técnica IEC 60974-10 Fabricación y Compatibilidad Electromagnética para Equipo de soldadura.
- Norma de soldadura AWS: Sociedad Americana de Soldadura
- Norma AWS/ANSI Z49.1:2012; Seguridad de los procesos de soldadura, corte y afines.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Gómez (2017), presentó en la Universidad Privada Técnica Federico Santa María – Santiago – Chile, para obtener el título de Ingeniero Civil Mecánico con mención en energía; la tesis titulada *“Propuesta de sistema de gestión de mantenimiento para taller metalmecánico UTFSM, campus San Joaquín – 2017”*; el objetivo general de la investigación fue plantear un método de trabajo de mantenimiento en el plantel metalmecánico, para reducir el peligro agrupado a los métodos fructuosos y cerciorar disponibilidad de equipos, logrando concluir e identificar el tipo de perfil de mantenimiento que se ha desarrollado hasta la fecha a) 80% mantenimiento correctivo; b) 15% mantenimiento preventivas; c) 5% mantenimiento predictivo.

Gutiérrez(2018), presentó en la Universidad de Guayaquil en Ecuador, para lograr el título de Ingeniero Industrial, la tesis titulada *“Análisis de los tiempos improductivos en el mantenimiento de máquinas de soldar en los procesos (smaw, gmaw, gtaw, pac) de la empresa servicios y productos Joel Gutiérrez”*, el objetivo general es generar una propuesta que mejore la eficiencia para evitar tiempos improductivos generados en el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar en los procesos (SMAW, GMAW, GTAW, PAC), logrando concluir: a) Mejora en eficiencia de tiempos improductivos de 83,67% a 77,27%; b) aumento de eficiencia en servicios de mantenimiento de 77,27% a 96,29%; c) propuesta de factibilidad financiera (TIR) de 41.525 con un coeficiente beneficio/costo 1.63.

Gómez (2016), presentó en la Universidad de San Carlos de Guatemala, para lograr el título de Ingeniero Mecánico, la tesis titulada “*Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (rcm) para la optimización en la maquinaria del área de producción, en industria malher, S.A.*”, el objetivo general es realizar el trascurso del mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) para la optimización del mantenimiento de las máquinas dosificadora, taponadora y llenadora de las especies. Se aplicó la metodología descriptiva, deductiva, regresión lineal múltiple, logrando concluir: a) ahorro energía de 66301 Kwh, que representa un 6,24% 20%; b) consumo de agua de 1778 m³ de agua, reflejado en un ahorro de 26,57 %.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Alfaro (2019), presentó en la Universidad Nacional de Trujillo, para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico, la tesis “*Gestión de mantenimiento con base en el peligro para extender la confiabilidad de las máquinas de la organización Zinzac del Perú S.A.C.*”, la finalidad general es diseñar una estrategia de mantenimiento preventivo con base en el peligro para aumentar la confiabilidad anual de las máquinas de organización ZINZAC DEL PERÚ. Se aplicó la metodología pre-experimental, pudiendo concluir: a) Una optimización con el crecimiento de la confiabilidad de 0.06% a 0.75%; b) Una optimización con el incremento de la disponibilidad de 97.01% a 97.56%; c) Incrementar la era promedio entre fallas de 168 a 207.95 horas útiles/falla

Santos (2017), presentó en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, para conseguir el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, la tesis titulada “*Programa*

de mantenimiento preventivo de equipos, como alternativa de mejora en la realización y conformidad de servicios a la empresa Unión Andina de Cementos S.A.A.”. El objetivo general es garantizar la operatividad de los equipos para una correcta realización y conformidad de servicios proporcionados a la empresa Unión Andina de Cementos S.A.A. Se aplicó la metodología experimental, logrando concluir: a) Reducción en % de casos de fallas de máquinas y equipos eléctricos de 11.1% en enero a un promedio de 3.5% de Febrero a Julio; b) Reducción en % de casos de fallas de máquinas y equipos mecánicos de 10.7% en enero a un promedio de 3.1% de Febrero a Julio.

Guevara (2019), presentó en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovej, para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial, la tesis titulada *“Propuesta de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa CGW Plástico S.A.C. para la reducción de costos por parada de máquina.”* El objetivo general es la consumación de un método de mantenimiento medido en la confiabilidad, como ética para la gestión del mantenimiento y establecer el costo beneficio de su aplicación en la empresa CGW Plastic S.A. Se aplicó la metodología experimental, logrando concluir: a) Aumento de confiabilidad de 95.75% a 97.29%; b) Reducción de mantenibilidad de 99.79% a 90.56%; c) Aumento de disponibilidad de 95.75% a 99.58%.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Primera variable (X): Metodología del Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

2.2.1.1. Mantenimiento Industrial

Muñoz (sf), el mantenimiento se logra conceptualizar como la revisión constante de las infraestructuras (en la situación de una planta) o de los elementos (en la situación de un beneficio), incluyendo en grupo de labores de compostura y estudio precisos para asegurar el manejo usual y el buen período de mantenimiento de un procedimiento generalmente.

Casas (2017), señala al mantenimiento como “el conjunto de métodos destinados a mantener equipo e infraestructuras en prestación mediante el mayor período viable.

- El objetivo final del mantenimiento industrial se puede resumir en los siguientes puntos:
 - Evitar, reducir, y en su caso, reparar, los fallos sobre los bienes
 - Disminuir la gravedad de los fallos que no se lleguen a evitar
 - Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
 - Evitar accidentes.
 - Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
 - Mantener los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
 - Reducir costes.
 - Alargar la vida útil de los bienes. (Muñoz, sf)

2.2.1.2. Historia y etapas del Mantenimiento

Diestra (2017), el término "mantenimiento" se empezó a emplear en la industria a mediados de 1950, en EE.UU.

El concepto se ha ido desarrollando una función de componer y remediar estos dispositivos y así cerciorar la elaboración, hasta el concepto presente del mantenimiento, los puestos de advertir, reñir y examinar los aparatos a fin de mejorar el precio total de mantenimiento.

En diferentes casos, se puede considerar cuatro concepciones en la evolución del significado de mantenimiento.

- 1era Generación.
- 2da Generación.
- 3ra Generación.
- 4ta Generación

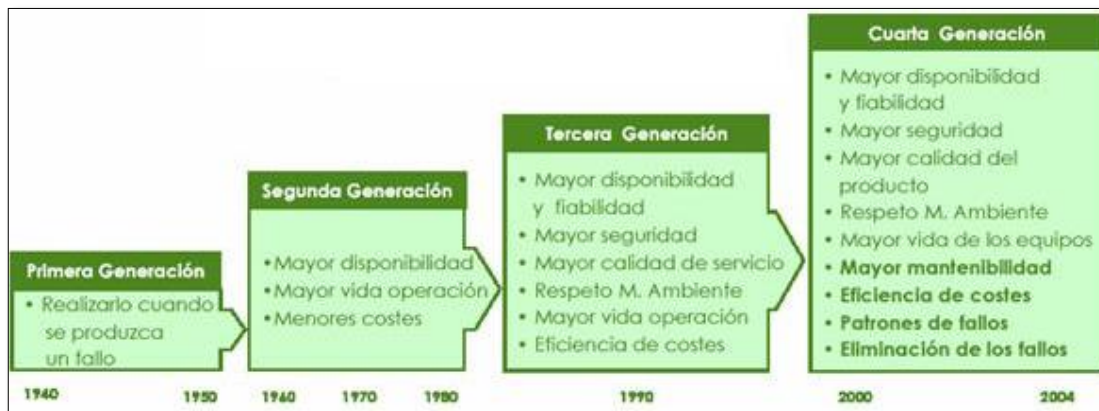


Figura 2.1: Objetivos durante las etapas de mantenimiento

2.2.1.3. Tipos de Mantenimientos

Chulvi (2015), indica que en la práctica existen varios tipos de mantenimiento diferenciados por la planificación, objetivos y necesidades. En estos momentos, las grandes empresas ejecutan una combinación de los distintos tipos, de manera que existe un plan de mantenimiento para lograr optimizar los recursos y disponibilidad de los equipos. Las diferentes clases de mantenimiento que se puede encontrar en una industria son:

2.2.1.3.1. Mantenimiento correctivo

Muñoz (sf), Esto resulta muy adaptable en métodos muy confusos casi siempre en sistemas con dispositivos electrónicos o donde no es factible profetizar los decretos y en los métodos que aceptan ser suspendidos durante cualquier período sin conmovir la seguridad también para aparatos que ya dicen con cierto tiempo de experiencia

Casas (2017), Mantenimiento que repara conteniendo el juicio de elaboración y tienen dos principios: a) resarcimientos revelados en el mantenimiento preventivo o predictivo, b) resarcimientos que se ejecutan como resultado de un fallo inesperado.

2.2.1.3.2. Mantenimiento preventivo

Diestra (2017), como su nombre lo indica, el mantenimiento preventivo es aquel que previene las fracasas en el trabajo de los dispositivos o métodos que están dentro del paso fructífero. El proceso de desconfianza de las fallas se ejecuta con un monitoreo constante de los dispositivos, estos consiguen lograr averiguación en su operación.

Muñoz (sf), Grupo de actividades planificada tales como expresiones regulares, pruebas, reparaciones, etc.; dirigidas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos de un sistema

Las desventajas que presenta este sistema son:

- Cambios innecesarios
- Dificultades iniciales de movimiento
- Costos de inventarios
- Mano de obra
- Sustento no realizado

Así mismo, organización para la diligencia de este método reside en:

- Precisar qué elementos será cosa de este mantenimiento
- Constituir la vida útil
- Establecer los compromisos a efectuar en cada caso
- Convocar los compromisos según tiempo en que convendrán verificar las interposiciones

2.2.1.3.3. Mantenimiento predictivo

Casas (2017), Este tipo de mantenimiento el equipo está sometido a diligencias de inspección a momentos cuando el conector está funcionando las diligencias de control son

diligencias incesantes monopolizando instrumentales como termógrafos dispositivos de análisis vibracional y otros intérpretes que logren descubrir las fallas antes que se produzcan fundamentar en los consecuencias se planean o efectúan trabajos de compensación.

Núñez (2016), La ejecución de este tipo de metodologías solicita de cambio en dispositivos, en efectos, y en trato de personal. Metodologías traídas para la evaluación del mantenimiento predictivo:

- Indagador de Fourier.
- Endoscopia (ver lugares escondidos u ocultos)
- Pruebas no demoledor (a través de ultrasonido, placas, aserrines magnéticas)
- Termovisión (descubrimiento de contextos a través del calor desarrollado)
- Cálculo de medidas de maniobra (pegajosidad, voltaje, corriente, energía, presión, temperatura, etc.)

2.2.1.3.4. Mantenimiento productivo total (Total Productive Maintenance TPM)

Muñoz (sf). Este método fundado en la noción japonesa del mantenimiento a la primera elevación donde se efectúa chicas labores de mantenimiento como regulación intervención renovación de chicas sucesos etc. Con la finalidad de facilitar al jefe de mantenimiento la averiguación forzosa para que otras labores que pueden realizar y con mayor intuición de origen.

- Mantenimiento: Eternamente las infraestructuras en buen estado
- Fructífero: Está orientado a crecer la producción
- Total: No solo mantenimiento sino al total de personal

Santos (2017,) Este método especializado por las siglas TPM dirigida a todos los accesorios de la distribución en las trabajos de elaborar un evento de mantenimiento preventivo, puede esparcir la seguridad de los capitales, en aquel momento el evento en el elemento humano de la de toda la corporación para los cual se estipulan trabajos de sostenimiento a ser realizada en chicos conjuntos mediante una dirección motivadora.

2.2.1.4. Tácticas de Mantenimiento

Casas (2017), Las técnicas son las diferentes maneras en que las empresas administran y ejecutan las acciones de mantenimiento en sus plantas de un modo coherente, lógica y sistémica; adoptar una táctica supone la coexistencia de medidas y reglas que dirigen las acciones y tareas de mantenimiento. Entre las tácticas más conocidas tenemos: TPM, RCM, TPM y RCM combinados, PMO, proactiva, reactiva, género universal, por imparciales, etc. No se puede determinar qué táctica es mejor que otras puesto que cada una es útil según las circunstancias de la empresa donde se implemente.

2.2.1.4.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Casas (2017), El objetivo principal del TPM es mantener y manejar los dispositivos conservándolos en su base empleando perfeccionamiento continuo.

Los pilares del TPM son:

- Progresos enfocadas - Kobetsu
- Sostenimiento íntegro
- Sostenimiento proyectado o continuo
- Sostenimiento de calidad
- Desconfianza del sostenimiento
- Sostenimiento en sitios funcionarias
- Adiestramiento y progreso de destrezas de trabajo. Casas (2017)

ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	1	Compromiso de la alta gerencia	ETAPA INICIAL
	2	Campaña de difusión del método	
	3	Definición del comité, nombramiento de responsables y formación de grupos	
	4	Política Básica y metas	
	5	Plan piloto	
	6	Inicio de implementación	ETAPA IMPLEMENTACIÓN
	7	Kobetsu - Kaisen (Mejoras enfocadas)	
	8	Mantenimiento autónomo	
	9	Eficacia de equipos	
	10	Establecimiento de sistema: Eficiencia global	
	11	Establecimiento de sistema: Seguridad, higiene y ambiente agradable	ETAPA CONSOLIDACIÓN
	12	Aplicación plena del TPM	

Figura 2.2: Etapas de implementación del TPM

Fuente: Dounce (2009)

2.2.1.4.2. Mantenimiento Proactivo

Diestra (2017), este sostenimiento tiene los compendios de apoyo, ayuda, decisión propia, sensibilización, compromiso en equipo, de modo que unos estén envueltos en la misión del mantenimiento, para ello compensan de estar al tanto sus inseguras, es decir tanto expertos, competitivos y rápidos, deben conocer las tareas que se ejecutan, de esta manera cada persona desde su puesto procederá de acuerdo a su obligación bajo la señal de ser fragmento del mantenimiento.

Casas (2017), el objetivo principal del mantenimiento proactivo es igualar y excluir las causas primordiales, contiguas y fincas de las fallas. El productor debe examinar todas las medidas del aparato para establecer la permanencia del aparato e emparejar si constan contextos que logren incitar la grieta, por tanto se solicita que el personal apalee un alto nivel de juicio y aclimatación de la máquina. Además, el personal de mantenimiento debe conocer los principios de funcionamiento de las máquinas y debe ser entrenado para reconocer condiciones defectuosas de funcionamiento e identificar las causas raíces de una falla.

PASOS EN LA APLICACIÓN DE LA TÁCTICA PROACTIVA	
1	Establecimiento de un sistema de mantenimiento basado en confiabilidad y en el recurso humano con utilización intensiva de métodos predictivos y preventivos.
2	Diagnóstico y análisis de la causa raíz.
3	Mejora a través de indicadores clave de rendimiento (KPI)
4	Proceso de medición, revisión y monitoreo integral de la gestión y la operación industrial

Figura 2.3: Pasos de aplicación de la táctica proactiva

Fuente: Mora (2009)

2.2.1.4.3. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Moubray, (2004), el RCM es una “habilidad de distribución de las diligencias y de la tarea de sostenimiento para generar eventos que se basen en la confiabilidad de los dispositivos en puesto de su delineación y edificación” Esta técnica fue desarrollada por John Moubray en los años 80 a partir de un informe presentado para elaborar programas de mantenimiento para la industria aeronáutica y se define formalmente como el “proceso que se usa para determinar qué

es lo que se debe realizar para afirmar que un eficaz físico extienda creando lo que sus beneficiarios pretenden que formen en su argumento estratégico existente”

Álvarez (2017), Todo procedimiento para el desarrollo de la metodología RCM, debe responder a las siete preguntas que ha definido RCM en la norma SAEJA1011, la misma que especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser llamado un proceso RCM.

2.2.1.5. Objetivos del RCM

- Excluir las deterioros de los aparatos
- Empequeñecer los precio de mano de obra por indemnizaciones debido a la exclusión de fallas de los aparatos
- Dar primero y planear las insuficiencias de mantenimiento
- Participación coordinada de las jurisdicciones de elaboración y sostenimiento para proyectar y conservar la capacidad de elaboración de la planta. Moubray, (2004).

2.2.1.6. Preguntas del RCM

Álvarez (2017), el RCM es una táctica con procedimientos que basan en el indestructible pregunta de las diligencias de sostenimiento y persigue un pleito universal, relacionado y normativo. El RCM se rige en la analogía entre la colocación y los síntesis físicos (activos) que lo componen. Primero se debe saber qué tipo de activos coexisten en la sociedad y cuáles son los que van a estar incluidas en el transcurso de investigación del RCM para posteriormente formular las siguientes preguntas acerca de los equipos seleccionados:

1. ¿Cuál es la **función** del equipo en su ambiente operacional?

2. ¿Cuál es la falla funcional? (razones por la que el equipo deja de hacer lo que el usuario quiere que haga)
3. ¿Cuál es el modo de falla? (eventos que causan una falla)
4. ¿Cuál es el efecto de la falla? (¿qué ocurre cuando la falla se produce?)
5. ¿Cuál es la consecuencia de la falla? (razones por la que las fallas son importantes)
6. ¿Cómo se puede predecir, prevenir o eliminar cada falla?
7. ¿Qué acciones se deben ejecutar para controlar la falla cuando no pueda prevenirse? (“ acciones a falta de”)

2.2.1.7. Fases para la implementación del RCM

- Fase 0: lista y codificación de equipos
- Fase 1: lista de funciones y especificaciones
- Fase 2: determinaciones de fallos funcionales y técnicos
- Fase 3: determinación de los modos de fallo
- Fase 4: análisis de la gravedad de los fallos. Criticidad (efectos de falla)
- Fase 5: determinación de medidas preventivas
- Fase 6: obtención del plan de mantenimiento y agrupación de medidas preventivas
- Fase 7: puesta en marcha de las medidas preventivas obtenidas (Qualitymant, 2017)

PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL RCM	
1	Formación del equipo natural de trabajo
2	Selección y definición de las áreas y equipos donde se implementará el RCM
3	Definición de criticidad y selección de los elementos críticos
4	Análisis de las fallas funcionales reales o potenciales para cada una de las funciones
6	Realización del AMEF para determinar los modos de fallos (causas) de cada falla funcional
7	Selección de las estrategias y procedimientos de mantenimiento (árbol lógico de decisión)
8	Asigna estrategia y recursos para el plan general de priorización asignado en base al RPN y los costos / beneficios asociados en cada modo de falla.

Figura 2.4: Etapas de Implementación del RCM

Fuente: (Moubray 2004)

2.2.1.8. Funciones y estándares de uso

Álvarez (2017), esto tiene que ser factible emplear un asunto que establezca las sistematizaciones que se incumben verificar, se debe transportar a cabo las subsiguientes operaciones:

1. Establecer lo que se apetece que el dispositivo realice
2. Afirmar que el dispositivo sea idóneo de ejecutar

Por lo cual es hacer definición de las funciones de estos dispositivos en su argumento a tipos no deseados. Se logran diferenciar cuatro puestos primordiales que son:

1. Primarias: Son puestos para los que está trazado el método.
2. Secundarias: La totalidad de los métodos poseen otros puestos menos perceptibles que las preliminares.

3. De protección: Para excluir o minimizar las derivaciones de un decreto, se crea forzoso aumentar los dispositivos de favor, que atarean de cinco convenciones desiguales:
 - Citado de cuidado de los operadores.
 - Retraso de la maquina
 - Excluyendo contextos inauditos que anteceden a un decreto que logra producir resultados peligrosos.
 - Posesionarse un puesto que ha fallido.
 - Advertir circunstancias difíciles con protecciones.
4. Superfluas: Hay dispositivos completamente prolijos. Habitualmente sucede cuando ha tenido alteraciones en los métodos o cuando el procedimiento ha existido sobre trazado. Alvarez, 2017

2.2.1.9. Beneficios del RCM

Moubray, (2004), cuando el RCM es aplicado correctamente genera los siguientes beneficios:

- Mejores rendimientos operativos debido a un análisis más eficaz de las fallas y a momentos más extensos entre los exámenes y en unos casos la exclusión completa de estas.
- Mejor control de los costos de mantenimiento debido a la reducción del mantenimiento rutinario innecesario y al mínimo miseria de particular práctico ya que todo el personal tiene superior intuición de la planta.

- Vida útil a los componentes o maquinas por el crecimiento de procesos de sostenimiento.
- El RCM maneja cuatro tipos de acciones (correctoras, modificable, predictivas, protectoras) sino también la totalidad instrumentos avanzados de orden técnico.

2.2.2. Variable (Y): Disponibilidad de las Maquinas del laboratorio

2.2.2.1 Análisis de Criticidad del RCM

Alfaro (2019), es un sistema que permite jerarquizar entre subestructuras, métodos, dispositivos o componentes de un activo, de pacto con su impacto total del estado esta cada una de las máquinas, dando como resultado de la multiplicación de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia. Agregándole sus instrumentos en la localidad, perjuicios al personal, marca climático, mermas de elaboración y perjuicios en las infraestructuras.

Categoría de Frecuencia	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
Categoría de Consecuencias	1	2	3	4	5	

Matriz de Criticidad

En la Matriz de Criticidad se identifican con letras los niveles de criticidad:

- B Criticidad Baja color verde
- M Criticidad Media color amarillo
- A Criticidad Alta color rojo

Figura 2.5: Matriz de Criticidad.

Fuente: Alfaro, 2019.

La matriz de criticidad contiene una codificación de colores que accede ver lo mínimo o mayor violencia de peligro congruentes con el precio de criticidad de la fundación, método o diligente bajo publicación.



Figura 2.6: Matriz de Criticidad PEP.

Fuente: Alfaro, 2019.

2.2.2.2 Definir la Criticidad

Alfaro (2019), Para la determinación de la periodicidad de falla y de la derivación de las fallas se ejecuta usando métodos y niveles preestablecidos. Se determina mediante el estado en que se encuentran cada máquina.

a) Frecuencia

Números de veces que se repiten las fallas, dentro de un periodo de tiempo.

Tabla 2-1

Ponderación para frecuencia de fallas

PONDERACIÓN	FRECUENCIA DE FALLAS
1	Excelente, 1 falla / año
2	Buena, 1 a 5 fallas / año
3	Promedio, de 5 a 10 fallas / año
4	Alto, mayor a 10 fallas / año

Nota: Fuente: (Pemex - 2013).

b) Impacto operacional (I. O.)

Causas del efecto de la operación.

Tabla 2-2

Ponderación para impacto operacional.

PONDERACIÓN	IMPACTO OPERACIONAL
10	<i>Para inmediata en toda la empresa</i>
7	<i>Área inmediata en un sector de la línea productiva</i>
4	<i>Impacta los niveles de producción y calidad</i>
1	<i>No genera ningún efecto significado sobre la producción</i>

Nota: Fuente: (Pemex - 2013).

c) Flexibilidad operacional (F.O)

Relacionada con la eventualidad de ejecutar una modificación rápida para seguir con la elaboración sin interrupción en costo o mermas enorme.

Tabla 2.3

Ponderación para flexibilidad operacional.

PONDERACIÓN	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL
4	No existe opción de producción y no existe función de respaldo / máquina.
2	No existe opción de máquina compartido.
1	Existe opción de máquina disponible

Nota: *Fuente: (Alfaro - 2017)*

d) Costos de mantenimiento (C.M)

Relacionado a todos los costos que engloban la labor de mantenimiento.

Tabla 2.4

Ponderación para Costos de Mantenimiento.

PONDERACIÓN	COSTO DE MANTENIMIENTO
2	Mayor a S/. 5000 al año
1	Menor a S/. 5000 al año

Nota: *Fuente: (Alfaro - 2017)*

e) Impacto de seguridad y medio ambiente (Imp)

Evalúa los viables problemas que se puedan producir hacia los individuos o el medio ambiente.

Tabla 2.5

Ponderación para Impacto a la Salud y el Medio Ambiente.

PONDERACIÓN	IMPACTO A LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE
8	Afecta a la seguridad humana tanto interna como externa
7	Afecta al medio ambiente produciendo daños severos
5	Afecta las instalaciones causando daños severos
3	Provoca daños menores (seguridad – ambiente)
1	No provoca ningún daño a las personas, instalaciones ni al ambiente.

Nota: Fuente: (Alfaro - 2017)

2.2.2.3 La Criticidad

Para la determinación de la criticidad se utiliza la siguiente formula.

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

Donde las consecuencias resultan los siguientes criterios:

$$\text{Cr} = (\text{I.o}) + (\text{F.o}) + (\text{C.m}) + (\text{Imp})$$

Dónde:

- *I.o*: Impacto operacional
- *F.o*: Flexibilidad operacional
- *C.m*: Costo de mantenimiento
- *Imp*: Impacto de seguridad y medio ambiente.. Alfaro (2017)

2.2.2.1. Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

John Moubray, II edición (sf). El AMEF o FMEA (Failure Mode and Effect Análisis) es una pericia de desconfianza, empleada para descubrir por adelantado los capitales modales de falla, con la finalidad de instaurar las revisiones convenientes que impidan la ingenuidad de fallas.

¿Cuándo iniciar un AMEF?

- Al trazar los métodos, bienes y métodos nuevos.
- Al trazar los croquis o métodos positivos o que existirán consumidos en concentraciones o ambientes diferentes.

a) Tipos de AMEF's

- **AMEF de Diseño:** Se emplea para examinar aparatos de croquis. Está dirigida hacia las Moderaciones de Grieta agrupadas con la funcionalidad de un dispositivo, producidas por el esquema.
- **AMEF de Proceso:** Se emplea para examinar los métodos de fabricación y ajuste. Se orienta a la discapacidad para originar el aviso que se intenta, una falla. Los Modos de Falla logran proceder de orígenes reconocidas en el AMEF de Diseño. John Moubray, II edición (sf).

b) Procedimiento para la elaboración del A.M.E.F (Diseño o Proceso)

i. Determinar el proceso o producto a analizar

- **AMEF de Diseño (FMAD):** Anotar lo que se aguardó del croquis del producto, la necesidad del comprador, y cuáles son los avisos de elaboración. También se debe formar el flujo que ha de seguir el producto a trazar, iniciando desde el racionamiento de factor prima.
- **AMEF de Procesos (FMEAP):** Inscribir el flujo del asunto que se esté desplegando, instruyendo desde el suministro del elemento prima, el manera de innovación hasta la desembolso al comprador. Indicar las plazas que esten más sensibles a dables fallas. En el asunto de proveedores de productos no hay universos primas. En este punto es importante:
 - Desplegar detalle de Entradas, Salidas y Características / artículos - diagrama de aparato de informe.

- Valorar ingresos y tipologías de la ocupación emplazada para originar la salida.
- Valorar Interfaz entre las ocupaciones para comprobar que unos los Potenciales Efectos sean desarrollados.
- Ocupar que las porciones se elaboran de arreglo con la finalidad del croquis.
John Moubray, II edición (sf).

ii. Establecer los modos potenciales de falla

Para estas áreas vulnerables a fallas explícitas anteriormente se compensan formar posibles crianzas de falla. Modo de falla es la forma en que puede aparecer una falla. Para confirmar nos discutimos ¿De qué forma podría fallar la parte o proceso?

iii. Determinar el efecto de la falla

- **Efecto:** Cuando el género de falla no se anticipa ni increpa, el comprador final puede ser afectado. Ejemplo: Avería prematuro, Escandaloso, Maniobra errática, Luminosidad escaso. John Moubray, II edición (sf).

iv. Determinar la causa de la falla

- **Causa:** Es algo deficiente que se provoca en el Modo de Falla.
- **Causas relacionadas con el diseño (características de la parte):** Selección del Material, Tolerancias / valores objetivo, Configuración, Componente de Modos de Falla a nivel de Componente.

- **Causas que no pueden ser Entradas de Diseño:** Ambiente, Vibración, Aspecto Térmico.
- **Mecanismos de Falla:** Rendimiento, Fatiga, Corrosión, Desgaste. John Moubray, II edición (sf).

v. Describir las condiciones actuales

Listar los exámenes presentes para avisar o descubrir la fuente de la grieta: Sistematizaciones, Análisis de componentes definidos, Investigaciones de Diseño, Prototipo de Experimento, Experimento Acelerada.

- **Primera Línea de Defensa:** evitar o eliminar causas de falla
- **Segunda Línea de Defensa:** detectar falla anticipadamente.
- **Tercera Línea de defensa:** disminuir impactos / consecuencias de falla. John Moubray, II edición (sf).

vi. Determinar el grado de severidad

Para apreciar el grado de dureza, se toma en cálculo el resultado de la abertura en el comprador. La escala es del 1 al 10: El 1" significa una derivación sin resultado. El 10 muestra una derivación muy elevada. John Moubray, II edición (sf).

Tabla 2.6

Ponderación para grado de severidad.

GRAVEDAD (G)	
DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Sin efecto	1
Falla menor	2-3
Falla inminente	4-5
Falla, pero no para el sistema	6-7
Elevadas, fallas críticas	8-9
Muy elevadas, con fallas de seguridad	10

Nota: *Fuente: (Alfaro - 2017)*

vii. Determinar el grado de ocurrencia:

Estimamos el valor de ingeniosidad de la falla potencial. La escala para valorar es del 1 al 10. El “1” significa arcaica posibilidad de ingeniosidad, el “10” significa muy alta posibilidad de ingeniosidad. John Moubray, II edición (sf).

Tabla 2.7

Determinación del Grado de Ocurrencia.

GRAVEDAD DE OCURRENCIA (O)	
DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Falla en más de 2 años	1
1 Falla cada 2 años	2-3
1 Falla cada 1 año	4-5
1 Falla entre 6 meses y 1 año	6-7
Falla entre 1 y 6 meses	8-9
1 falla al mes	10

Nota: *Fuente: (Alfaro - 2017)*

viii. determinar el grado de detección:

Se determina el valor de una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección. John Moubray, II edición (sf).

Tabla 2.8

Determinación del Grado de detección.

DETECCIÓN (Dificultad de Detección) (D)	
DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Obvia	1
Escasa	2-3
Moderada	4-5
Frecuente	6-7
Elevada	8-9
Muy Elevada	10

Nota: *Fuente: (Alfaro - 2017)*

ix. Calcular el Número de Prioridad de riesgo (NPR)

Se determina el valor de una jerarquización de los problemas mediante de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección. John Moubray, II edición (sf).

Tabla 2.9
Prioridad de NPR.

Prioridad de NPR	
500-1000	Alto riesgo de falla
125-499	Riesgo de falla medio
1-124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

Nota: *Fuente: (Alfaro - 2017)*

Acciones recomendadas:

John Moubray, II edición (sf). Anotar las características de las labores protectoras o corregidoras dadas, encerrando comprometidos de las mismas. Listando la fecha responsabilidad de institución. Se logran dar trabajos enfocados.

- Descartar o reducir la INGENIOSIDAD de la raíz del género de falla. (transformaciones al diseño, Implementar técnicas descriptivos).
- Disminuir la DUREZA de la forma de falla. (Cambiar en el bosquejo del fruto o juicio).
- Aumentar la posibilidad de DESCUBRIMIENTO. (Cambiar en el esquema del beneficio o manera para auxiliar a la detección).
- Cambiar en el diseño del producto o procedimiento para ayudar a la detección)
- Una vez dadas las acciones correctivas o preventivas, se vuelve a calcular el grado de ocurrencia, severidad, detección y el NPR.

- Cada vez que haya algún cambio en el proceso o en el producto se debe de actualizar el A.M.E.F. John Moubray, II edición (sf).

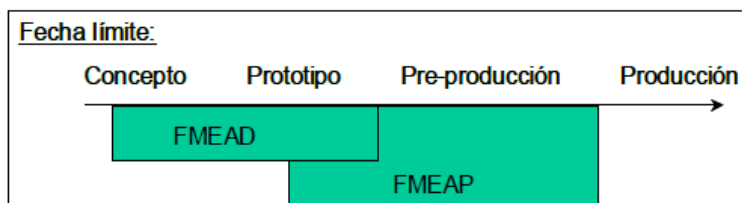


Figura 2.7: Enfoque 1 de la Estructura del AMEF.

Fuente: Adaptado de Alfaro (2017)

Tabla 2.10

Enfoque 1 de la estructura del AMEF

FMEAD		FMEAP
Artículo	Características de Diseño	Paso del Proceso
Falla	Forma en que producto falla	Forma en que el proceso falla al producir el requerimiento que se pretende
Controles	Técnicas de Diseño de verificación / validación	Controles de proceso

Nota: Fuente: (Alfaro - 2017)

2.2.2.2. Disponibilidad del RCM

Muñoz (sf), La disponibilidad es la probabilidad de un sistema de estar en funcionamiento o listo para operar en el momento o instante que es requerido.

Para situar de un procedimiento en cualquier momento, no debe tener fallos, o bien, en caso de tener, tiene que ser arreglado en un período menor que el superior autorizado para su mantenimiento.

Suponiendo que la tasa de fallos y la tasa de reparación son constantes:

- Tasa de fallos = $\lambda(t) = \lambda$
- Tasa de reparación = $\mu(t) = \mu$

$$D(t) = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} [\%]$$

Entonces:

- **MTBF** = (Tiempo medio entre fallos)
- **MTTR** = (Tiempo medio de reparación)
- **A (Availability)**: Disponibilidad del sistema

MTBF: Tiempo promedio de fallas [*Hrs*], se obtiene la siguiente expresión:

$$MTBF = \frac{TTF}{F}$$

Dónde:

- **TTF**: Tiempo neto total del funcionamiento [*Hrs* / Año]
- **F**: Número de fallas

MTTR: Tiempo medio de reparación [Hrs], se obtiene de la siguiente expresión:

$$MTBF = \frac{TPR}{F}$$

Dónde:

- **TPR:** Tiempo perdido de reparación [Hrs / Año]
- **F:** Número de fallas

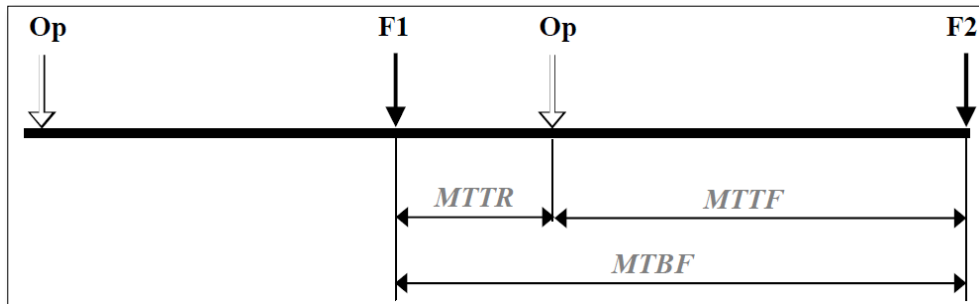


Figura 2.8: Relación entre el tiempo medio de reparación (MTTR), tiempo medio hasta la avería (MTTF) y tiempo medio de reparación (MTBF)

Fuente: Adaptado de Alfaro (2017)

En la figura 2.8 se muestra un ciclo de operación, **Op** indica el instante en el que elemento, producto o sistema comienza a estar operativo. **F1** y **F2** muestran los instantes en que se producen los fallos 1 y 2 respectivamente.

Luego, de acuerdo a la Figura 7 podemos expresar la disponibilidad (A) así:

$$A = \frac{\text{Tiempo total del intervalo estudiado}}{\text{Tiempo total en condiciones de servicio}}$$

$$A = \frac{K \cdot MTBF}{K \cdot (MTBF + MTTR)} = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}} = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$$

K: Representa el número de ciclos-reparación

Como se ve, se tiene disponibilidad el 100% para un fallo MTTR=0, significa que esto no tarda en arreglar este fallo, entonces no se cumple, pero se anhela a ello, La fiabilidad como la mantenibilidad aprendidas precedentemente, son concluyentes de la destitución.

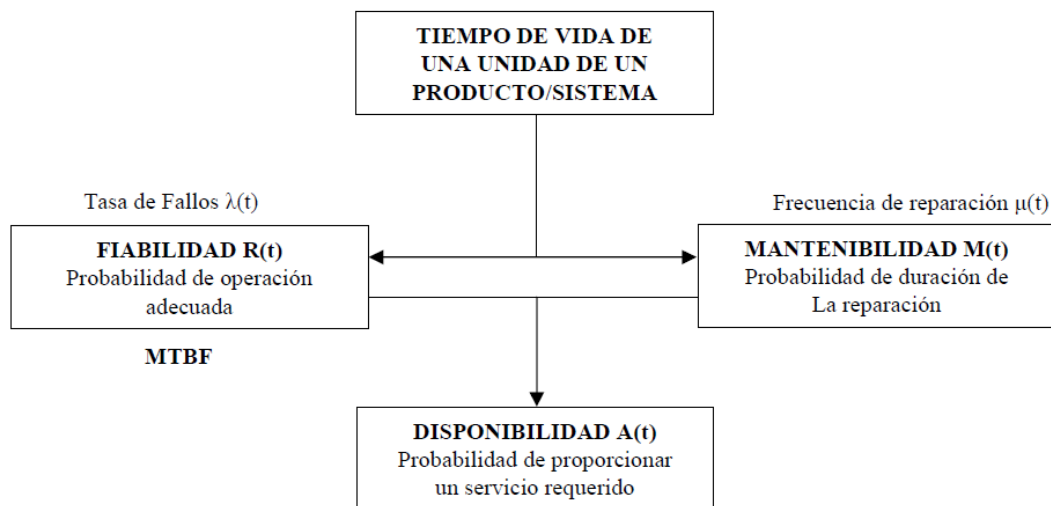


Figura 2.9: Relación entre disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad.

Fuente: Muños (sf)

La disponibilidad de un producto mediante un período de utilización prefijado, llamada calidad de funcionamiento, está en función de la fiabilidad y de la mantenibilidad del mismo.

Hoy es política común de los ingenieros de diseño, incluir en el **DISEÑO DEL PRODUCTO** innovaciones constantes que realicen un incremento tanto de fiabilidad como de mantenibilidad, con la finalidad de generar ahorros para los futuros costes de post-venta (como en el servicio de mantenimiento). Muñoz (sf),

2.2.2.3. Tasas de Fallas

Alfaro (2017), La tasa de falla es la probabilidad de que ocurra una falla del sistema o componente en un intervalo de tiempo dado. Se miden las fallas por unidad de tiempo. Alfaro (2019).

Matemáticamente la tasa de fallas se define como:

$$\lambda = \frac{1}{\text{MTBF}}$$

Dónde:

- **MTBF:** Tiempo Medio Entre Fallas.

2.2.2.4. Confiabilidad

Casas (2017), es la posibilidad de un trabajador o componente descargue su puesto básica, durante un período de turno pre-establecido, bajo contextos estándares de maniobra. También se define como la posibilidad de que un agregado logre evacuar su puesto pretendida durante un momento de período determinado y bajo situaciones de uso especiales.

$$R(t) = e^{-\gamma t}$$

Dónde:

t = periodo considerado

λ = tasa de fallas

$\gamma = 1/MTBF$

La confiabilidad está relacionada con la calidad de un producto; la calidad se define cualitativamente como la cantidad de satisfacción de los requerimientos de los usuarios. La confiabilidad expresa por cuánto tiempo el producto estará en funcionamiento después de entrar en operación. Una baja calidad de un producto implica disminución de su confiabilidad y una alta calidad implica confiabilidad elevada. Casas (2017)

2.2.2.5. Costos de Mantenimiento Preventivo

Antes de realizar un plan de mantenimiento preventivo, es obligatorio tener una idea de cuál será el costo de implementación ya que se debe considerar algunos requerimientos. (SIMA - 2015)

a) Arranque

Hay costos corporativos con el atrevimiento en el estreno del programa de mantenimiento preventivo, y se necesita:

- Tiempo extra: es bastante el trabajo que se realizara, así que se necesitara de bastante tiempo; para la selección de equipos y la recolección de información de los mismos.
- Tiempo de ayudantes: para la transformación de la información en un programa de mantenimiento preventivo anual, o por sistema computarizado.

- Mano de obra: para realizar el trabajo de mantenimiento.

b) Almacenes

Debe existir relación de almacén y el inventario de refacciones con el evento de sostenimiento preventivo. A medida que hay incremento en el sostenimiento preventivo también debe haber incremento en las refacciones.

c) Entrenamiento

Es necesario determinar si se requiere algún tipo de entrenamiento. Es una buena idea formar grupos de trabajos relacionados directamente con el programa de mantenimiento.

2.3. Definición de términos básicos

Mantenimiento: conjugación de todas las labores sistemáticas y empleadas, envolviendo ejercicios de control, direccionadas a conservar una parte en ocupaciones o recuperar innegable parte en un cambio en el cual se necesitan ciertas actividades requeridas. (ISO 14224,2016)

Mantenimiento correctivo: Método de Mantenimiento en el que se ejecuta un dispositivo una vez que ha sucedido una falla funcional o que va a incrementar la falla por su uso (falla potencial). (Montilla, 2009, p.30)

Mantenimiento preventivo: mantenimiento que ejecuta en tiempos determinados en base a un criterio prescrito y su objetivo es minimizar las probabilidades de falla o de humillación de la funcionalidad. (ISO 14224,2016)

Mantenimiento predictivo: Conjunto de acciones de rastreo y análisis perenne de un procedimiento, que acceden una aplicación correctora inmediata como resultado de la detección de algún síntoma de fallo. (Muñoz, 2017, p.08)

Mantenimiento productivo total: Es la concentración de toda una ética institucional y propio, que tiene como objetivo aumentar la productividad en los procesos productivos. (Montilla, 2009, p.36)

Mantenimiento Proactivo: Es una táctica de mantenimiento direccionada especialmente a la localización y la amabilidad de las fuentes que crean el daño y que direccionan a la falla de la máquina. Una vez encontrada los orígenes que crean el daño, evitar que estas extiendan concurrencias en la máquina ya que, de crear, su vida útil y trabajo reducen. (Mora, 2009, p.451).

Disponibilidad: Es la posibilidad de un método de estar en actividad o dispuesto para moverse en el minuto o momento que es ansiado. (Muñoz, 2017, p.18)

Falla crítica: Falla de una aparato de dispositivo que originan un cese contiguo de su desplazamiento para efectuar su puesto solicitado. (ISO 14224,2016)

MTBF: Indica el tiempo promedio entre las fallas para los componentes, equipos o unidades. (ISO 14224,2016)

MTTR: Indica el tiempo medio de reparación para los componentes, equipos o unidades. (ISO 14224,2016)

Clase de Severidad: La derivación pasada en los puestos de una unidad de dispositivo. (ISO 14224, 2016)

Confiabilidad: Es la destreza de cierto dispositivo para elaborar una ocupación citada en situaciones entregadas por un momento de período fijo. (ISO 14224, 2016)

Mantenibilidad: Es una calificación a un dispositivo, por su desplazamiento de ser regenerado para el auxilio cuando se ejecuta la labor de sostenimiento ineludible como se detalla (Muñoz, 2017, p.16)

AMEF: Análisis del Modo y Efecto de Fallas. (John Moubray, 2004)

Reparación: Ejercicio de mantenimiento manual ejecutada para reponer un capítulo a su aspecto o fase única. (ISO 14224, 2016)

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

La presente investigación según su finalidad es de tipo aplicada, debido a que se logró aplicar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad con la finalidad mejorar la disponibilidad, confiabilidad, tiempos de indicadores y costos de mantenimiento. (Ezequiel Ander - Egg Hernández, 2011)

3.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

3.2.1. Técnica

La técnica utilizada en el estudio fue con observación directa y entrevistas personal.



Figura 3.1. Métodos para recolección de datos

Fuente: QuestionPro.

3.2.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos utilizados para la presente investigación, fueron mediante ficha de observación, reporte de fallas, fichas técnicas de equipos y reportes de costos de mantenimientos correctivos.

3.2.3. Instrumentos de análisis de datos

Para la presente investigación, el instrumento de análisis de datos utilizado fue: Excel, para el orden de datos y análisis por medios de cuadros y/o gráficos.

3.3. Procedimientos para el desarrollo de la investigación

3.3.1. Procedimientos utilizados en la investigación -Resumen

➤ Inicio (diagnóstico de la realidad actual de la empresa):

1. Evaluación del estado de las máquinas: mediante reportes de falla, cuestionarios de encuestas a operario.

➤ Desarrollo (aplicación de Metodología RCM):

2. Determinación de Criterio de Disponibilidad y Confiabilidad (2019)

3. Aplicación del método de análisis de modos y efectos de fallas de las máquinas

4. Análisis de criticidad a las máquinas de la empresa

5. Diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en AMEF.

6. Control de Mantenimiento

➤ Resultados (ciclo 2018 vs 2019 con Metodología RCM):

7. Resultados comparativos ciclos 2018 y 2020

3.3.2. Procedimientos utilizados en la investigación - detalle

1. Evaluación del estado de las máquinas con el mantenimiento actual (correctivo), la disponibilidad y la confiabilidad de las maquinas del periodo (enero – diciembre 2018), mediante:

- Reportes de falla (tipos, cantidad, detalles de falla y tiempos perdidos de reparación)
- cuestionarios de encuestas a operario.

2. Para determinar el criterio de disponibilidad y confiabilidad (2018), se aplicó las fórmulas de indicadores.

- **TTF [Hrs/Año]** (Tiempo neto total de funcionamiento)
- **TPR [Hrs/Año]** (Tiempo perdido de reparación)
- **F [Hrs/Año]** (Cantidad de fallas)
- **MTBF [Hrs/Año]** (Tiempo Promedio De Fallas)
- **MTTR [Hrs/falla]** (Tiempo Medio de Reparación)

3. La aplicación del método de análisis de modos y efectos de fallas de las máquinas se aplicará a las máquinas del laboratorio que han sido seleccionadas y serán analizadas detenidamente. Anticipadamente a la realización del AMEF, se elaboró los criterios de análisis para obtener el número de prioridad de riesgo.

- Tiempo perdido de Reparación (**TPR**)
- Modo de fallo potencial
- Efectos potenciales de fallo
- Causas potenciales

4. Para la determinación del análisis de criticidad a las maquinas del laboratorio se utilizaron fórmulas para criticidad y consecuencias.

- Criticidad = Frecuencia x consecuencia
- Consecuencia: $C=(I.o) + (F.o) + (C.m) + (Imp)$

Dónde:

- F.F: Frecuencia
- I.o: Impacto operacional
- F.o: Flexibilidad operacional
- C.m: Costo de mantenimiento
- Imp: Impacto de seguridad y medio ambiente

5. En el diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en AMEF, se indica las medidas a tomar para poder corroborar las fallas que han aparecido (2018), correspondiendo la inclusión de inspección y la realización de mantenimiento, para así poder disminuir las fallas y paradas no programadas. Según los datos dados del 2018.

6. Se comparan los resultados de mantenimiento de las maquinas del laboratorio de soldadura del ciclo 2018 y 2019, donde al haber aplicado los nuevos procedimientos para el mantenimiento asentado en la confiabilidad RCM, se logró con los objetivos de la investigación.

- a. Mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas del laboratorio.
- b. Mejorar los tiempos de reparación de mantenimiento.
- c. Reducir cantidad de fallas de equipos
- d. Mejorar los costos de mantenimiento.

CAPÍTULO 4. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA

4.1. Experiencia desarrollada en la empresa.

La experiencia profesional se realizó en la empresa Welders Perú SAC (Representante legal de la empresa americana Lincoln Electric Company); durante el periodo de enero 2020 a diciembre 2019, tomando como comparativo el periodo de enero a diciembre 2018.

Lincoln Electric en Perú cuenta con un staff de 8 profesionales a la soldadura: 1 gerente comercial, 5 representantes comerciales, 1 asistente de administración y 1 Instructor e ing. de aplicaciones de soldadura (Puesto que desempeño hace 3 años).

4.2. Área donde se realizó la experiencia profesional

Welders Perú SAC cuenta con oficinas administrativas la cual está ubicada en la provincia constitucional del Callao, dichas oficinas se dividen en: 1 sala de reuniones, 1 sala de espera, 1 salón de clases, 6 oficinas, 4 servicios higiénicos, 1 cocina comedor y 1 laboratorio de soldadura. La experiencia profesional se realizó en el laboratorio de soldadura, donde se encuentran los equipos para las siguientes actividades que realizo actualmente.

✓ **Calificación de procedimiento de soldadura (WPS) y calificación de habilidad de soldadores (WPQ)**

Actividad que se realiza como servicio de post venta a los usuarios industriales, el WPS documento importante de todo proyecto de soldadura pues se define si el material de aporte (soldadura) es el ideal para el material base que se utilizará en el proyecto, este se verifica realizando el soldeo de una probeta que luego es analizada por ensayos mecánicos en un laboratorio externo.

Para realizar el soldeo de una probeta correctamente tanto para el WPS y WPQ se requiere de una mano de calificada y equipos correctamente operativos y de esta manera poder manejar sus variables de soldadura correctamente (estabilidad de arco eléctrico, penetración de soldadura, OCV estable, fuerza para encendido de arco, etc.), por ello la importancia de contar con disponibilidad y confiabilidad de los equipos en el laboratorio.

✓ **Desarrollo de aplicaciones de soldadura**

Aplicación de soldadura se refiere a la utilización de transferencias de soldadura que Lincoln Electric constantemente desarrolla en máquinas de tecnología avanzada para mejorar la productividad de los clientes, para ello es necesario contar con los equipos totalmente calibrados y operativos al 100%.

✓ **Entrenamiento teórico y prácticos en laboratorio y en situ**

Se brinda como servicios de post venta entrenamientos para nuestros clientes: Fuerza de ventas de distribuidores, soldadores y supervisores de usuarios finales.

✓ **Demostraciones de equipos a clientes**

Como parte de circulo comercial es demostrar la ventaja y aplicación de los equipos del interés al cliente y de esta manera poder cerrar negocios, se requiere tener los equipos operativos.

4.3. Proceso de aplicación de metodología en mantenimiento centrado en la confiabilidad.

El presente proyecto, el investigador realizó su aplicación de metodología según las siguientes actividades.

Tabla 4.1

Resultado de ventas de equipos utilizando laboratorio de soldadura 2019.

ACTIVIDADES SEGÚN METODOLOGÍA RCM

ÍTEM	ACTIVIDAD
01	Evaluación del estado de las máquinas
02	Determinación de Criterio de Disponibilidad y Confiabilidad (2018)
03	Aplicación del método de análisis de modos y efectos de fallas de las máquinas
04	Análisis de criticidad a las máquinas de la empresa
05	Diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en AMEF
06	Auditoria de la Gestión del Mantenimiento Según Norma - ISO 19011:2019
07	Control de Mantenimiento
08	Resultados comparativos ciclos 2018 y 2019

Nota: Basado en reporte de ventas anual de Welders Perú SAC.

Según información por los tiempos de funcionamiento de las máquinas por el 2018 correspondiente a las distintas actividades que se realizan como: Calificación de soldadores, entrenamiento de soldadores, demostraciones a clientes y capacitaciones a clientes. se muestra resultadas en tabla

4.3.1. Evaluación de tiempo de funcionamiento de las máquinas.

Tabla 4.2

Resumen de tiempos de funcionamiento de máquinas de soldadura 2018

		TIEMPOS DE FUNCIONAMIENTO - 2018											
ÍTEM	MÁQUINA	DÍAS UTILIZADOS											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	MESA DE CORTE PLASMA	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
2	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4
3	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
4	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
5	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4
6	MAQUINA DE SOLDAR FLEXTEC	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
7	MAQUINA DE SOLDAR FLEXTEC	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4
8	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
9	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
10	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4
11	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4
12	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE AC/DC	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
13	COMPRESOR DE AIRE	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
14	PLASMA MANUAL	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
15	MAQUINA DE SOLDAR ARCWELD	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
16	SIMULADOR VERTX	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1

Nota: Basado en actividades realizadas en Welders Perú SAC.

4.3.2. Evaluación del estado de las máquinas.

Evaluación de Equipos

Recopilación de Información técnica para su evaluación del estado de las máquinas del laboratorio de soldadura con el mantenimiento actual (correctivo), la disponibilidad y la confiabilidad de las maquinas del periodo (enero – diciembre 2018).

Describo a continuación el funcionamiento de las máquinas:

4.3.2.1. Mesa Oxicorte Plasma

El equipo para corte plasma es de modelo **Torchmate® 4400** de la Marca Lincoln Electric, realiza un proceso térmico de corte que utiliza una boquilla, con un orificio para la circulación del gas ionizado a altas temperatura, de tal forma que se obtiene un rayo que se puede utilizar para cortar secciones de metales tales como el acero al carbono, acero inoxidable, aluminio y otros metales conductores de la electricidad. Por medio del uso de esta técnica, el arco de plasma funde el metal, y el gas elimina el material fundido.

Para poder realizar el corte por plasma se requiere de aire comprimido el cual mediante presión genera que el arco eléctrico funda al material base.

Según los datos dados en el periodo de enero a diciembre del 2018, tenemos que el tiempo neto de utilización ha sido 88 horas/Año.

Tabla 4.3

Detalle de fallas de la máquina plasma CNC

DETALLES DE LAS FALLAS DE LA MÁQUINA PLASMA CNC MAQ-COR-LEP-001 - C. 2018			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas
Maquina	1	5	Un motor no se activará cuando DATUM la máquina.
	1	5	Unión del pórtico al ejecutar piezas
Software	1	10	La luz óhmica no indica un estado de detección amarilla cuando la antorcha entra en contacto con el material
	1	12	Error "Fallo de IHS: Limpiar la escoria de los consumibles" Con la antorcha sin tocar la superficie del material.
	1	8	Durante el movimiento de corte inicial, el protector de la antorcha entra en contacto con el material deteniendo la máquina.
TOTAL	5	40	Hrs/año

Nota: Basado en evaluación de equipos

4.3.2.2. Máquina de soldar multiproceso familia Invertec 350pro

Máquinas de soldar multiproceso (SMAW, GTAW, GMAW, FCAW), que se utilizan en las distintas actividades del laboratorio de soldadura ya mencionadas, Estos equipos se complementan con alimentadores de alambre para poder realizar los procesos semiautomáticos. Welders Perú cuenta con 4 máquinas de este modelo con los siguientes códigos:

- MAQ-SOL-INV-LEP-001
- MAQ-SOL-INV-LEP-002
- MAQ-SOL-INV-LEP-003
- MAQ-SOL-INV-LEP-004

Según criticidad se seleccionó, con la información del encargado del mantenimiento del laboratorio, las máquinas de soldar con códigos MAQ-SOL-INV-LEP-001y MAQ-SOL-INV-LEP-004.

Según los datos dados en el periodo de enero a diciembre del 2018, tenemos que la cantidad de horas utilizadas fueron:

- MAQ-SOL-INV-LEP-001: 138 horas/Año.
- MAQ-SOL-INV-LEP-004: 176 horas/Año.

Tabla 4.4

Detalle de fallas de la máquina de soldar Invertec 01

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOL-INV-LEP-001-C. 2018			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas
	2	15	*Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escorias de soldadura.
Obstrucción	1	15	*Se detiene de repente, por a la obstrucción de ventilación fallas de ventilador de refrigeración interno, o sobrecarga.
Eléctrica	1	6	*No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o a la entrada de voltaje incorrecto.
Desgaste	2	30	*El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquina de soldar MIG debido ya que terminó su vida útil, y no permite soldar adecuadamente.
Rotura	1	20	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivos que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable.
Temperatura Alta	1	20	*Esto afecta al transformador, es debido al sobrecalentamiento en la máquina por la variación de corriente y al tiempo excesivo al soldar continuamente.
Calibración	1	18	*Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgica)
TOTAL	9	124	Hrs/año

Nota: Basado en evaluación de equipos

Tabla 4.5

Detalle de fallas de la máquina de soldar Invertec 02

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOLD-INV-LEP-004 - C. 2018			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas
Obstrucción	2	20	* Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escorias de soldadura.
	1	15	* Se detiene de repente, por a la obstrucción en la ventilación, fallas de ventilador de refrigeración interno, o sobrecarga.
Eléctrica	1	6	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.
Desgaste	2	24	* El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquina de soldar MIG debido que ya termino su vida útil, y no permite soldar adecuadamente.
Rotura	1	15	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivo que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable.
Temperatura Alta	2	25	* Esto afecta al transformador, es debido al sobrecalentamiento en la maquina por la variación de corriente y al tiempo excesivo al soldar continuamente.
Calibración	1	30	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgicamente)
TOTAL	10	135	Hrs/año

Nota: Basado en evaluación de equipos

4.3.2.3. Máquina de soldar multiproceso familia Flextec

Máquinas de soldar multiproceso (SMAW, GTAW, GMAW, FCAW), que se utilizan en las distintas actividades del laboratorio de soldadura ya mencionadas, Estos equipos se complementan con alimentadores de alambre para poder realizar los procesos semiautomáticos. Welders Perú cuenta con 2 máquinas de este modelo con los siguientes códigos:

- MAQ-SOL-FLE-LEP-001
- MAQ-SOL-FLE-LEP-002

Según criticidad se seleccionó, con la información del encargado del mantenimiento de las máquinas de soldar con códigos MAQ-SOL-FLE-LEP-002.

Según los datos dados en el periodo de enero a diciembre del 2019, tenemos que el tiempo neto de su producción es:

- MAQ-SOL-FLE-LEP-002: 1056 horas/Año.

Tabla 4.6

Detalle de fallas de la máquina de soldar Flextec

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOL-FLE-LEP-002 - C.2018			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas
Obstrucción	2	10	* Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escorias de soldadura.
	1	15	* Se detiene de repente, por a la obstrucción en la ventilación, fallas de ventilador de refrigeración interno, o sobrecarga.
Eléctrica	1	10	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.
Desgaste	1	10	* El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquina de soldar MIG debido que ya termino su vida útil, y no permite soldar adecuadamente.
Rotura	2	8	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivo que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable.
Temperatura Alta	2	30	* Esto afecta al transformador, es debido al sobrecalentamiento en la maquina por la variación de corriente y al tiempo excesivo al soldar continuamente.
Calibración	1	30	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgicamente)
TOTAL	10	113	Hrs/año

Nota: Basado en evaluación de equipos

4.3.2.4. Máquina de soldar multiproceso familia Power Wave

Máquinas de soldar multiproceso (SMAW, GTAW, GMAW, FCAW), que se utilizan en las distintas actividades del laboratorio de soldadura ya mencionadas, Estos equipos se complementan con alimentadores de alambre para poder realizar los procesos semiautomáticos.

Welders Perú cuenta con 4 máquinas de este modelo con los siguientes códigos:

- MAQ-SOL-PWV-LEP-001
- MAQ-SOL-PWV-LEP-002
- MAQ-SOL-PWV-LEP-003
- MAQ-SOL-PWV-LEP-004

Según criticidad se seleccionó, con la información del encargado del mantenimiento del laboratorio, las máquinas de soldar con códigos MAQ-SOL-PWV-LEP-003 y MAQ-SOL-PWV-LEP-004

Según los datos dados en el periodo de enero a diciembre del 2019, tenemos que el tiempo neto de su producción es:

- MAQ-SOL-PWV-LEP-003: 1056 horas/Año.
- MAQ-SOL-PWV-LEP-004: 1056 horas/Año.

Tabla 4.7

Detalle de fallas de la máquina de soldar Power Wave

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOL-PWV-LEP-003 - C.2018			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas
Obstrucción	2	10	* Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escorias de soldadura.
	1	15	* Se detiene de repente, por a la obstrucción en la ventilación, fallas de ventilador de refrigeración interno, o sobrecarga.
Eléctrica	1	10	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.
Desgaste	1	10	* El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquina de soldar MIG debido que ya termino su vida útil, y no permite soldar adecuadamente.
Rotura	2	8	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivo que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable.
Temperatura Alta	2	30	* Esto afecta al transformador, es debido al sobrecalentamiento en la maquina por la variación de corriente y al tiempo excesivo al soldar continuamente.
Calibración	1	30	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgica)
Tarjeta de Control	1	5	El termostato del módulo primario está abierto. Es sucede típicamente porque el ventilador inferior no está trabajando.
TOTAL	11	118	Hrs/año

Nota: Basado en evaluación de equipos

Tabla 4.8

Detalle de fallas de la máquina de soldar Power Wave

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOL-PWV-LEP-004 - C.20182019			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas
Obstrucción	3	10	* Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escorias de soldadura.
	1	15	* Se detiene de repente, por a la obstrucción en la ventilación, fallas de ventilador de refrigeración interno, o sobrecarga.
Eléctrica	2	10	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.
Desgaste	1	10	* El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquina de soldar MIG debido que ya termino su vida útil, y no permite soldar adecuadamente.
Rotura	2	15	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivo que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable.
Temperatura Alta	1	30	* Esto afecta al transformador, es debido al sobrecalentamiento en la maquina por la variación de corriente y al tiempo excesivo al soldar continuamente.
Calibración	1	15	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgica)
Tarjeta de Control	1	10	El termostato del módulo primario está abierto. Es sucede típicamente porque el ventilador inferior no está trabajando.
TOTAL	11	105	Hrs/año

Nota: Basado en evaluación de equipos

4.3.2.5. Máquina de soldar multiproceso familia Power Wave AC/DC

Máquinas de soldar multiproceso especialmente para el proceso SAW, que se utilizan en las distintas actividades del laboratorio de soldadura ya mencionada, Estos equipos se complementan con tractor para la alimentación de material de aporte.

Welders Perú cuenta con 1 máquinas de este modelo con los siguientes códigos:

- MAQ-SOL-PWV-LEP-005 (250 horas/Año de utilización)

Tabla 4.9

Detalle de fallas de la máquina de soldar Power Wave AC / DC

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOL-PWV-LEP-005 - C. 2018			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas
Obstrucción	1	1	* Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escorias de soldadura.
	1	2	Se detiene de repente, por a la obstrucción en la ventilación, fallas de ventilador de refrigeración interno, o sobrecarga.
Eléctrica	1	3	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.
Desgaste	1	2	* El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquina de soldar MIG debido que ya termino su vida útil, y no permite soldar adecuadamente.
Calibración	1	2	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgica)
Tarjeta de Control	1	2	El termostato del módulo primario está abierto. Es sucede típicamente porque el ventilador inferior no está trabajando.
TOTAL	6	12	Hrs/año

Nota: Basado en evaluación de equipos

4.3.2.6. Compresor de Aire

Equipo de Marca CAMPBELL HAUSFELD, utilizada eventualmente cuando se requiere hacer uso de la mesa de corte por plasma o plasma manual para sus diferentes actividades.

Según los datos dados en el periodo de enero a diciembre del 2018, tenemos que el tiempo neto de su utilización:

- EQP-COM-LEP-001: 528 horas/Año.

Tabla 4.10

Detalle de fallas de equipo compresor de aire

DETALLES DE FALLAS DE LA COMPRESORA EQP-COM-LEP-001 - C. 2018			
tipos de Fallas	N°de fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas
Lubricación Lubricación	1	5	*La falta de engrase y lubricación en rodamientos y/o pistones a causa fugas. Permitiendo esto al desgaste de los pistones y rodamientos.
Desgaste desgaste	1	6	*El desgaste de las válvulas, retenes de lubricación, rodamientos, deterioro de mangueras y llaves, o de otros elementos debido que ya terminó su vida útil, y no permite la disponibilidad eficiente del compresor.
Altas Temperaturas altas temperaturas	1	8	*Sobrecalentamiento debido a la temperatura del gas comprimido.
	1	5	*En el aislamiento se producen altas temperaturas, ocasionando obsolescencia y daños en el sistema eléctrico.
	1	10	*En los embobinados se produce el calentamiento dado así por una falla de mantenimiento que se ha realizado.
Suciedad suciedad	1	12	*No carga suficiente y consume energía de más por motivo de que los pistones ensucian.
TOTAL	6	46	Hrs/año

Nota: Basado en evaluación de equipos

4.3.2.7. Plasma Manual

Equipo plasma Tomahawk 1000 de marca Lincoln Electric, es un sistema de corte por plasma lo suficientemente portátil para utilizar en el lugar de trabajo y lo suficientemente resistente para su uso, en un máximo de un material de cierta pulgada en un entorno de producción.

Conecte el aire comprimido, coge la antorcha y empiece a cortar.

Esta máquina funciona eventualmente cuando se requiere hacer trabajos específicos dentro del laboratorio o demostraciones a clientes para su futura compra.

Según los datos dados en el periodo de enero a diciembre del 2018, tenemos que el tiempo neto de su utilización:

- MAQ-COR-LEP-002: 352 horas/Año.

Tabla 4.11

Detalle de fallas de equipo plasma manual.

DETALLES DE FALLAS DE PLASMA MANUAL MAQ-COR-LEP-002 - C. 2018			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas
Interruptor	1	2	El interruptor automático de entrada se abre repetidamente.
Alimentación de entrada	1	5	No luz de indicación de estado y el ventilador no opera 5 segundos después de que se enciende el interruptor de encendido.
	1	5	No luz de indicación de estado 5 segundos después de que se enciende el interruptor de encendido, pero el ventilador opera.
Tarjeta de control	1	3	El LED Térmico no se apaga.
	1	10	La TOMAHAWK™ 1000 se enciende adecuadamente pero no hay respuesta cuando el gatillo se jala y sólo se ilumina el LED DE ENCENDIDO.
TOTAL	5	25	Hrs/año

Nota: Basado en evaluación de equipos

4.3.2.8. Máquinas de soldar Inversora línea Arcweld.

Equipo Arcweld 200, es un maquina inversora para procesos manuales SMAW y GTAW para trabajos de carpintería metálica y estructuras livianas.

Según los datos dados en el periodo de enero a diciembre del 2019, tenemos que el tiempo neto de su utilización es:

- MAQ-SOL-AR-LEP-001: 528 horas/Año.

Tabla 4.12

Detalle de fallas de máquina de soldar Arcweld

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOL-AR-LEP-001 - C. 2018			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas
Eléctrica	1	10	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.
Desgaste	1	10	* El desgaste de los accesorios de la antorcha de soldar o de otros elementos de la máquina de soldar debido que ya termino su vida útil, y no permite soldar adecuadamente.
Rotura	1	5	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivo que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable.
Temperatura Alta	1	5	* Esto afecta al transformador, es debido al sobrecalentamiento en la maquina por la variación de corriente y al tiempo excesivo al soldar continuamente.
Calibración	1	1	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalurgica)
Tarjeta de Control	1	5	El termostato del módulo primario está abierto. Es sucede típicamente porque el ventilador inferior no está trabajando.
TOTAL	6	36	Hrs/año

Nota: Basado en evaluación de equipos

4.3.2.9. Simulador Vertx 360

Es un equipo simulador de soldadura modelo Vertx 360 de marca Lincoln Electric este equipo se utiliza para clientes como instituciones de educación (colegios, institutos, universidades, etc.) ya que se enseña la aplicación de soldadura de manera simulada.

Según los datos dados en el periodo de enero a diciembre del 2018, tenemos que el tiempo neto de su utilización es:

- MAQ-SOL-SI-LEP-001: 880 horas/Año.

Tabla 4.13

Detalle de fallas de simulador

DETALLES DE FALLAS DE SIMULADOR MAQ-SOL-SI-LEP-001 - C. 2018			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas
Eléctrica	1	4	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.
hardware	1	5	Mantener apretado el botón verde no apaga a la VRTEX® 360. La máquina fue apagada y no enciende cuando se oprime el botón verde circular. La imagen del cupón de soldadura es una configuración diferente al cupón físico.
Software	1	12	El brazo y/o mesa son diferentes que los visuales en el software. La ubicación del dispositivo FCAW/GMAW VR o SMAW VR no corresponde a la imagen que se muestra en el dispositivo FMD (Casco Visor).
Interferencias	1	10	Hay temblor, agitación o bamboleo en la pantalla de la Careta y Monitor.
Laser	1	5	Los datos de soldadura previos no son accesibles en la pantalla LASER. Algunos o ninguno de los parámetros de soldadura, defectos o discontinuidades se muestran en la gráfica de la pantalla LASER.
TOTAL	5	36	Hrs/año

Nota: Basado en evaluación de equipos

4.3.3. Determinación de criterio de Disponibilidad y Confiabilidad

La información que se presenta en el siguiente cuadro, fue recopilado mediante reportes de falla y horas de mantenimiento facilitada por el encargado de mantenimiento de máquinas del laboratorio.

Para determinar el criterio de disponibilidad y confiabilidad, se aplicaron las fórmulas según bases teóricas:

Tabla 4.14

Disponibilidad y confiabilidad. Período 2018.

CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD ANUAL ACTIVOS DE LABORATORIO DE WELDERS PERÚ SAC - 2018								
Nombre	Máquina Código	TTF	TPR	F	MTBF	MTTR	D(t) [%]	C(t) [%]
		[Hrs/Año] (Tiempo Neto Total de Funcionamiento)	[Hrs/Año] (Tiempo perdido de Reparación)	[Hrs/Año] (Cantida d de Fallas)	[Hrs/Año] (Tiempo Promedio de fallas)	[Hrs/falla] (Tiempo Medio de Reparación)	(Disponibilid ad anual)	(Confiabilidad anual)
PLASMA CNC	MAQ-COR-LEP-001	176	40	5	35.2	8.0	81.5	0.674
MAQUINA INVERTEC	MAQ-SOL-INV-LEP-001	704	124	9	78.2	13.8	85.0	0.012
MAQUINA INVERTEC	MAQ-SOL-INV-LEP-004	704	135	10	70.4	13.5	83.9	0.005
MAQUINA FLEXTEC	MAQ-SOL-FLE-LEP-002	704	113	10	70.4	11.3	86.2	0.005
MAQUINA POWER WAVE	MAQ-SOL-PWV-LEP-003	704	118	11	64.0	10.7	85.6	0.002
MAQUINA POWER WAVE	MAQ-SOL-PWV-LEP-004	704	105	11	64.0	9.5	87.0	0.002
MAQUINA POWER WAVE AC / DC	MAQ-SOL-PWV-LEP-005	176	12	6	29.3	2.0	93.6	0.248
COMPRESOR DE AIRE	EQP-COM-LEP-001	360	46	6	60.0	7.7	88.7	0.248
PLASMA MANUAL	MAQ-SOL-AR-LEP-001	176	25	5	35.2	5.0	87.6	0.674
MAQUINA ARCWELD	MAQ-SOL-AR-LEP-001	352	36	6	58.7	6.0	90.7	0.248
SIMULADOR VERTEX	MAQ-SOL-SI-LEP-001	176	36	5	35.2	7.2	83.0	0.674
DISPONIBILIDAD ANUAL PROMEDIO							86.6	0.254

Nota: Basado en según evaluación de máquinas

4.3.4. Aplicación del Método de Análisis de Modos y Efectos de Fallas de las Máquinas.

El análisis de modos y efecto de fallas, se implementará solo a las 10 máquinas de la empresa que han sido seleccionadas, serán analizadas detenidamente.

Se elaboró los criterios de análisis para obtener el Número de Prioridad de Riesgo.

A continuación, en los cuadros se expone el desarrollo del AMEF:

4.3.4.1. Equipo Mesa de Corte por plasma

Tabla 4.15

AMEF – Mesa de corte por plasma

MÁQUINA:	Mesa Oxicorte Plasma	EDITADO POR:	Jossimar Luján	FECHA:	20/02/2019	FUENTE:	Jossimar Luján	N° AMEF:	1		
N° de Fallas	Pieza	Función	TRP (Horas/Año)	Modo de Fallo Potencial	Efectos Potenciales de Fallo	Causas Potenciales de fallo	Condiciones Existentes				
							Controles Actuales	G	O	D	NPR
1	Máquina (motor Eléctrico)	Para la bajada y subida del corete y el desplazamiento del barrio del CNC y del brazo.	5	Golpeteo del Motor/ Ruido	Alta vibración del motor.	Suciedad/ Desgaste de engranes	Correctivo/ Inspección visual	3	3	4	36
1		Para la bajada y subida del corete y el desplazamiento del barrio dile CNC y del brazo.	5	Golpeteo del Motor/ Ruido	Alta vibración del motor.	Suciedad/ Desgaste de Engranés	Correctivo/ Inspección Visual	2	2	4	16
1		Lee y decodifica códigos, envía órdenes a los dispositivos (servomotores).	10	Congelación del sistema	Recodificar actividades	Memoria Insuficiente	Correctivo	4	5	5	100
1	Software	Disminuir las rpm de los servomotores.	12	Rotura de Dientes de Engranaje	Parada de motor	Resequedad/ Desgaste	Correctivo	4	5	5	100
1		Son válvulas eléctricas permite el paso del gas.	8	Restricción del gas	Electroválvula no se activa.	Suciedad	Correctivo/ Inspección Visual	5	2	4	40

Nota: Se detalla el número de prioridad de riesgo.

4.3.4.2. Máquina de soldar multiproceso familia Invertec V350 pro - MAQ-SOL-INV-LEP-001

Tabla 4.16

AMEF – Máquina de soldar Invertec

MÁQUINA:		MAQ-SOL-INV-LEP-001	EDITADO POR:	Jossimar Luján	FECHA:	20/02/2019	FUENTE:	Jossimar Luján	N° AMEF:	2	
N° de Fallas	Pieza	Función	TPR (Horas/Año)	Modo de Fallo Potencial	Efectos Potenciales de Fallo	Causas Potenciales de Fallo	Condiciones Existentes				
							Controles Actuales	G	O	D	NPR
2	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y del gas.	22	Taponamiento	Impide soldar	Obstrucción de la antorcha	Correctivo / Inspección Visual	3	7	6	126
2	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y del gas.	30	Paro Repentino	Impide soldar	Insuficiente ventilación / Sobrecarga	Correctivo / Inspección Visual	4	7	5	140
1	Fusible	Proteger el sistema eléctrico.	6	Fundición	No arranca	Sobrecarga / Altas tensiones	Correctivo	7	4	3	84
2	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y del gas.	24	Falso contacto	Impide soldar	Desgaste	Correctivo	7	5	6	210
1	Cable de la antorcha	Permite el paso del alambre.	24	Circuito abierto	Percances al soldar	Rotura	Correctivo / Inspección Visual	6	5	6	180
1	Calibración	Asegura la diferencia de picos de la tensión de la máquina de entrada y salida.	18	Variación de Corriente	Sobrecalentamiento	Sobrecarga / Altas tensiones / Suciedad	Correctivo	7	5	8	280

Nota: Se detalla el número de prioridad de riesgo.

4.3.4.3. Máquina de soldar multiproceso familia Invertec V350 pro - MAQ-SOL-INV-LEP-004

Tabla 4.17

AMEF – Máquina de soldar Invertec

MÁQUINA:	MAQ-SOL- INV-LEP-004	EDITADO POR:	Jossimar Luján	FECHA:	20/02/2019	FUENTE:	Jossimar Luján	N° AMEF:	3		
Condiciones Existentes											
N° de Fallas	Pieza	Función	TPR (Horas/Año)	Modo de Fallo Potencial	Efectos Potenciales de Fallo	Causas Potenciales de Fallo	Controles y Actuales	G	O	D	NPR
2	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y del gas.	25	Paro repentino	Impide soldar	Insuficiente ventilación/ Sobrecarga	Correctivo/ Inspección Visual	5	7	5	175
2	Fusible	Proteger el sistema eléctrico.	24	Fundición	No arranca	Sobrecarga/altas tensiones	Correctivo	8	4	3	96
2	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre de gas.	15	Falso Contacto	Impide soldar	Desgaste	Correctivo	6	5	6	180
1	Cable de Antorcha	Permite el paso del alambre.	20	Circuito abierto	Percances a soldar	Rotura	Correctivo/ Inspección Visual	7	5	6	210
2	Inversor	Regula la tensión de la máquina de entrada y salida.	33	Variación de Corriente	Sobrecalentamiento	Sobrecarga /Altas Tensione/Suciedad	Correctivo	7	5	5	175
2	Calibración	Asegura la diferencia de picos de la tensión de la máquina de entrada y salida.	18	Variación de Corriente	Sobrecalentamiento	Sobrecarga/Altas Tensiones /Suciedad	Correctivo	7	5	8	280

Nota: Se detalla el número de prioridad de riesgo.

4.3.4.4. Máquina de soldar multiproceso familia Flextec - MAQ-SOL-FLE-LEP-002

Tabla 4.18

AMEF – Máquina de soldar Flextec

MÁQUINA:		MAQ-SOL-FLE-LEP-002	EDITADO POR:	Jossimar Luján	FECHA:	20/02/2019	FUENTE:	Jossimar Luján	N° AMEF:	4	
N° de Fallas	Pieza	Función	TPR (Horas/Año)	Modo de Fallo Potencial	Efectos Potenciales de Fallo	Causas Potenciales de Fallo	Condiciones Existentes				
							Controles Actuales	G	O	D	NPR
2	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y del gas.	30	Taponamiento o	Impide soldar	Obstrucción de la antorcha	Correctivo / Inspección visual	5	7	5	175
1	Fusible	Proteger el sistema eléctrico.	10	Paro repentino	Impide soldar	Insuficiente ventilación / Sobrecarga	Correctivo / Inspección visual	5	6	6	180
2	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y del gas	17	Fundición	No arranca	Sobrecarga / Altas tensiones	Correctivo	7	6	4	168
2	Cable de la antorcha	Permite el paso del alambre	15	Falso Contacto	Impide soldar	Desgaste	Correctivo	7	6	5	210
2	Inversor	Regula la tensión de la máquina de entrada y salida	23	Circuito abierto	Percances al soldar	Rotura	Correctivo / Inspección Visual	6	7	5	210
1	Calibración	Asegura la diferencia de picos de la tensión de la máquina de entrada y salida	18	Variación de Corriente	Sobrecalentamiento	Sobrecarga / Altas tensiones / Suciedad	Correctivo	6	5	7	210

Nota: Se detalla el número de prioridad de riesgo.

4.3.4.5. Máquina de soldar multiproceso familia Power Wave - MAQ-SOL-PWV-LEP-003

Tabla 4.19

AMEF – Máquina de soldar Power Wave

MÁQUINA:	MAQ-SOL-PWV-LEP-003	EDITADO POR:	Jossimar Luján	FECHA:	20/02/2019	FUENTE:	Jossimar Luján	N° AMEF:	5		
Condiciones Existentes											
N° de Fallas	Pieza	Función	TPR (Horas/años)	Modo de Fallo Potencial	Efectos Potenciales de Fallo	Causas Potenciales de Fallo	Controles Actuales	G	O	D	NPR
2	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y del gas	20	Taponamiento	Impide soldar	Obstrucción de la antorcha	Correctivo / Inspección visual	5	8	5	200
1	Fusible	Proteger el sistema eléctrico	10	Paro Repentino	Impide soldar	Insuficiente ventilación/ Sobrecarga	Correctivo/ inspección visual	5	6	6	180
2	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y del gas.	12	Fundición	No arranca	Sobrecarga / Altas tensiones	Correctivo	7	6	4	162
3	Cable de la Antorcha	Permite el paso del alambre	35	Falso contacto	Impide soldar	Desgaste	Correctivo	7	6	6	252
2	Inversor	Regula la tensión de la máquina de entrada y salida	23	Circuito abierto	Percances al soldar	Rotura	Correctivo / Inspección visual	6	7	6	252
1	Calibración	Asegura la diferencia de picos de la tensión de la máquina de entrada y salida	18	Variación de Corriente	Sobrecalentamiento	Sobrecarga / Alta tensiones / Suciedad	Correctivo	7	5	7	245

Nota: Se detalla el número de prioridad de riesgo.

4.3.4.6. Máquina de soldar multiproceso familia Power Wave - MAQ-SOL-PWV-LEP-004

Tabla 4.20

AMEF – Máquina de soldar Power Wave

MÁQUINA:	MAQ-SOL-PWV-LEP-004	EDITADO POR:	Jossimar Luján	FECHA:	20/02/2019	FUENTE:	Jossimar Luján	N° AMEF:	6		
							Condiciones Existentes				
N° de Fallas	Pieza	Función	TPR (Horas/Año)	Modo de Fallo Potencial	Efectos Potenciales de Fallo	Causas Potenciales de fallo	Controles Actuales	G	O	D	NPR
3	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y del gas	25	Taponamiento	Impide soldar	Obstrucción de la antorcha	Correctivo / Inspección visual	5	7	5	175
1	Fusible	Proteger el sistema eléctrico	10	Paro repentino	Impide soldar	Insuficiente ventilación / Sobrecarga	Correctivo / Inspección visual	5	4	6	120
2	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y del gas.	17	Fundición	No arranca	Sobrecarga/ Altas tensiones	Correctivo	6	5	5	150
2	Cable de antorcha	Permite el paso del alambre	15	Falso contacto	Impide soldar	Desgaste	Correctivo	7	6	6	252
2	Inversor	Regula la tensión de la máquina de entrada y salida.	20	Circuito abierto	Percances al soldar	Rotura	Correctivo / Inspección visual	6	6	6	216
1	Calibración	Asegura la diferencia de picos de la tensión de la máquina de entrada y salida	18	Variación de corriente	Sobrecalentamiento	Sobrecarga / altas tensiones/ Suciedad	Correctivo	7	5	7	245

Nota: Se detalla el número de prioridad de riesgo.

4.3.4.7. Máquina de soldar multiproceso familia Power Wave - MAQ-SOL-PWV-LEP-005

Tabla 4.21

AMEF – Máquina de soldar Power Wave

MÁQUINA:	MAQ-SOL-PWV-LEP-005	EDITADO POR:	Jossimar Luján	FECHA:	20/02/2019	FUENTE:	Jossimar Luján	N° AMEF:	7		
							Condiciones Existentes				
N° de fallas	Pieza	Función	TPR (Horas/Año)	Modo de Fallo Potencial	Efectos Potenciales de Fallo	Causas Potenciales de Fallo	Controles Actuales	G	O	D	NPR
1	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y el gas	1	Taponamiento	Impide soldar	Obstrucción de la antorcha	Correctivo / Inspección Visual	5	9	5	225
1	Fusible	Proteger el sistema eléctrico	2	Paro Repentino	Impide soldar	Insuficiente ventilación / Sobrecarga	Correctivo / Inspección visual	5	2	6	60
1	Antorcha	Permite el paso del alambre de cobre y el gas	3	Fundición	No arranca	Sobrecargas / Altas tensiones	Correctivo	7	6	4	168
1	Cable de la Antorcha	Permite el paso del alambre	2	Falso contacto	Impide soldar	Desgaste	Correctivo	7	6	5	210
1	Inversor	Regula la tensión de la máquina de entrada y salida	2	Circuito abierto	Percances al soldar	Rotura	Correctivo / Inspección visual	6	2	5	60
1	Calibración	Asegura la diferencia de picos de la tensión de la máquina de entrada y salida	2	Variación de Corriente	Sobrecalentamiento	Sobrecarga / Altas tensiones / Suciedad	Correctivo	6	5	7	210

Nota: Se detalla el número de prioridad de riesgo.

4.3.4.8. Equipo Compresora de Aire - EQP-COM-LEP-001

Tabla 4.22

AMEF – Compresor de aire

MÁQUINA:		EQP-COM-LEP-001	EDITADO POR:		Jossimar Luján	FECHA:		20/02/2019	FUENTE:		Jossimar Luján	N° AMEF:		8
N° de Fallas	Pieza	Función	TPR (Horas/Año)	Modo de Fallo Potencial	Efectos Potenciales de Fallo	Causas Potenciales de Fallo	Condiciones Existentes							
							Controles Actuales	G	O	D	NPR			
1	Sistema de Lubricación	Enfriar y lubricar los pistones y rodamientos	5	Falta de lubricación	Sobrecalentamiento y desgaste de pistones y rodamientos	Fin de vida útil / Fuga	Correctivo / Inspección visual	6	5	7				210
1	Rodamientos	Permite el adecuado giro del eje.	6	Desgaste	Sobrecalentamientos / Vibraciones	Problemas de lubricación / Fin vida útil	Correctivo	5	5	7				175
1	Pistones	Comprimir el aire	8	Succión forzada	Sobrecalentamientos / Vibraciones	Falta de lubricación / Gas con elevada temperatura	Correctivo	7	5	9				315
1	Sistema eléctrico	Brindar la potencia	5	Voltaje inestable	Calentamiento en los devanados y daño del aislamiento	Sobrecarga	Correctivo	8	5	6				240

1	Bobinas	Generar campo magnético	10	Baja potencia	Calentamiento y daños a los alambres de las bobinas	Sobrecargas / Suciedad	Correctivo	7	5	8	280
1	Sistema de enfriamiento	Enfriar todo el sistema de compresión	12	Taponamiento	Pérdida de potencia	Obstrucción de válvulas y orificios	Correctivo	4	5	5	100

Nota: Se detalla el número de prioridad de riesgo.

4.3.4.9. Equipo plasma Manual - MAQ-COR-LEP-002

Tabla 4.23

AMEF – Plasma manual

MÁQUINA:	MAQ-COR-LEP-002	EDITADO POR:	Jossimar Luján	FECHA:	20/02/2019	FUENTE:	Jossimar Luján	N° AMEF:	9		
N° de Fallas	Pieza	Función	TPR (Horas/Año)	Modo de Fallo Potencial	Efectos Potenciales de Fallo	Causas Potenciales de Fallo	MAQ-COR-LEP-002				
							Controles Actuales	G	O	D	NPR
1	Interruptor	Encendido y apagado de equipo	5	Golpeteo del Motor / Ruido	No enciende equipo	Suciedad / Desgaste de engranes	Correctivo / Inspección visual	3	3	4	36
1	Alimentación de entrada	recepción de alimentación de corriente de entrada	5	Golpeteo del Motor / Ruido	Alta vibración del motor	Suciedad / Desgaste de engranes	Correctivo / Inspección visual	2	2	4	16
1	Tarjeta de control	Lee y decodifica códigos, envía órdenes a los dispositivos	10	Congelación del Sistema	Recodificar actividades	exceso de ciclo de trabajo	Correctivo	8	4	3	96
1		control de led térmico	12	Congelación del Sistema	Parada de motor	exceso de ciclo de trabajo	Correctivo	8	4	3	96

1	control de arco eléctrico	8	Congelación del Sistema	Recodificar actividades	exceso de ciclo de trabajo	Correctivo	8	4	3	96
---	---------------------------	---	-------------------------	-------------------------	----------------------------	------------	---	---	---	-----------

Nota: Se detalla el número de prioridad de riesgo.

4.3.4.10. Máquina de soldar inversora - MAQ-SOL-AR-LEP-001

Tabla 4.24

AMEF – máquina de soldar inversora

MÁQUINA:	MAQ-SOL-AR-LEP-001	EDITADO POR:	Jossimar Luján	FECHA:	20/02/2019	FUENTE:	Jossimar Luján	N° AMEF:	10		
N° de Fallas	Pieza	Función	TPR (Horas/Año)	Modo de Fallo Potencial	Efectos Potenciales de Fallo	Causas Potenciales de Fallo	Controles Actuales	Condiciones Existentes			
								G	O	D	NPR
1	Ventilador	Enfriar el transformador	8	Sobrecalentamiento	Impide soldar	Obstrucción de orificios / Suciedad	Correctivo / Inspección Visual	5	4	5	100
1	Interruptor de polaridad	Abrir y cerrar contacto	5	Desgaste	No arranca	Desgaste de conexión / Fin de tiempo de vida	Correctivo / Inspección Visual	6	8	5	240
1	Fusible	Proteger el sistema eléctrico	2	Fundición	No arranca	Sobrecarga / Altas tensiones	Correctivo	6	4	4	96
1	Cables	Permite conducir la electricidad	7	Circuito abierto	Impide soldar	Desgaste / Aplastamiento	Correctivo /	6	5	5	150

1	Inversor	Regula la tensión de la máquina de entrada y salida	8	Variación de Corriente	Sobrecalentamiento	Sobrecarga / Altas tensiones / Suciedad	Inspección Visual Correctivo	8	5	5	200
1	Pinza	Sujetar el electrodo	6	Sujeción deficiente del electrodo	Percances al soldar	Desgaste / Rotura	Correctivo / Inspección Visual	6	7	5	210

Nota: Se detalla el número de prioridad de riesgo.

4.3.4.11. Equipo simulador de soldadura - MAQ-SOL-SI-LEP-001

Tabla 4.25

AMEF – Simulador de soldadura

MÁQUINA:		MAQ-SOL-SI-LEP-001	EDITADO POR:	Jossimar Luján	FECHA:	20/02/2019	FUENTE:	Jossimar Luján	N° AMEF:	11	
N de Fallas	Pieza	Función	TPR (Horas/Año)	Modo de Fallo Potencial	Efectos Potenciales de Fallo	Causas Potenciales de Fallo	Condiciones Existentes				
							Controles Actuales	G	O	D	NPR
1	Eléctrica	Enfriar y transformador	8	Sobrecalentamiento	Impide soldar	Sobrecarga / Altas tensiones	Correctivo / Inspección Visual	7	3	6	126
1	hardware	Abrir y cerrar contacto	5	Desgaste	No arranca	Desgaste / Aplastamiento	Correctivo / Inspección Visual	7	3	6	126
1	Software	Maneja el CPU del equipo	2	Fundición	No arranca	Sobrecarga / Altas tensiones	Correctivo / Inspección Visual	7	3	6	126
1	Interferencias	Permite conducir la electricidad	7	Circuito abierto	Impide soldar	Desgaste / Aplastamiento	Correctivo / Inspección Visual	7	3	6	126
1	Laser	Regula la tensión de la máquina de entrada y salida	8	Perdida de sensores	no suelda	Sobrecarga / Altas tensiones / Suciedad	Correctivo / Inspección Visual	7	3	6	126

Nota: Se detalla el número de prioridad de riesgo.

4.3.5. Análisis de Criticidad de la Máquinas del laboratorio

Para la determinación de la criticidad se utiliza la siguiente fórmula

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

Donde las consecuencias resultan de los siguientes criterios:

$$\text{Cr} = (\text{I.o}) + (\text{F.o}) + (\text{C.m}) + (\text{Imp})$$

Dónde:

- F.F: Frecuencia
- I.o: Impacto operacional
- F.o: Flexibilidad operacional
- C.m: Costo de mantenimiento
- Imp: Impacto de seguridad y medio ambiente

Según los datos a obtener del valor de crítico de cada máquina, se establecerá el nivel de criticidad para cada máquina.

De acuerdo a los resultados obtenidos el plan de mantenimiento preventivo será aplicado para todas las máquinas de la empresa, el nivel de criticidad no excluye a ningún equipo.

Tabla 4.26

Matriz de Criticidad 5 x 5

F R E C U E N C I A	5	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	23	24	25
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	23	24	25	
	CONSECUENCIA																				

Nota: Fuente propia

CRITICIDAD ALTA MEDIA BAJA

Evaluando la ponderación de cada máquina mediante el historial de falla se obtuvo:

Tabla 4.27

Resultado de análisis de criticidad según periodo 2018

ÍTEM	EQUIPO		CRITERIOS					VALOR	NIVEL	DISPONIBILIDAD
	MAQUINA	CODIGO	F.F	Lo	F.o	C.m	Imp	CRÍTICO	CRÍTICO	%
1	MESA DE CORTE PLASMA	MAQ-COR-LEP-001	2	3	4	2	2	22	Medio	81.5
2	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	MAQ-SOL-INV-LEP-001	3	8	1	2	3	42	Alto	85.0
3	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	MAQ-SOL-INV-LEP-004	3	8	1	2	3	42	Alto	83.9
4	MAQUINA DE SOLDAR FLEXTEC	MAQ-SOL-FLE-LEP-002	3	8	1	2	3	42	Alto	86.2
5	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	MAQ-SOL-PWV-LEP-003	4	8	1	2	3	56	Alto	85.6
6	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	MAQ-SOL-PWV-LEP-004	4	8	1	2	3	56	Alto	87.0
7	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE AC/DC	MAQ-SOL-PWV-LEP-005	2	3	3	2	1	18	Bajo	93.6
8	COMPRESOR DE AIRE	EQP-COM-LEP-001	3	3	4	1	2	30	Medio	88.7
9	PLASMA MANUAL	MAQ-COR-LEP-002	2	3	4	1	2	20	Medio	87.6
10	MAQUINA DE SOLDAR ARCWELD	MAQ-SOL-AR-LEP-001	3	3	1	1	2	21	Medio	90.7
11	SIMULADOR VERTX	MAQ-SOL-SI-LEP-001	2	3	4	1	1	18	Bajo	83.0

Nota: Muestra 5 equipos nivel crítico

Según tabla n°4.27 los resultados dados por el análisis de criticidad, se tiene 5 máquinas con un nivel de criticidad alto, 4 máquinas que están en un nivel de criticidad media y 2 máquinas que está en un nivel de criticidad baja.

Al relacionar el nivel crítico y la disponibilidad, se tiene la siguiente relación:

Tabla 4.28

Nivel de disponibilidad según nivel de criticidad

Nivel de Criticidad	Disponibilidad
Bajo	Mayor a 95%
Medio	De 92 % a 95%
Alto	Menor a 92 %

Nota: Nivel de disponibilidad según porcentaje

4.3.6. Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en AMEF.

Para reducir las fallas encontradas en el análisis del estado de evaluación de las 11 máquinas del laboratorio de soldadura, se aplica el siguiente plan de mantenimiento preventivo tomando en cuenta determinado tiempo, correspondiendo la inclusión de inspección y la realización de mantenimiento, para así poder disminuir las fallas y paradas no programadas. Según la información de periodo de enero a diciembre del 2018, se tiene lo siguiente.

4.3.6.1. Máquina Plasma CNC

Tabla 4.29

Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Corte Plasma CNC

DETALLES DE LAS FALLAS DE LA MAQUINA PLASMA CNC MAQ-COR-LEP-001 - C. 2018				MEDIDAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – C. 2019				
Tipos de Fallas	N° de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas	Tareas Propuestas	Estrategia	Veces	Realizado Por	N° de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	D1 % (Antes del PMP)	D2 % (Después del PMP)
Maquina	1	5	Un motor no se activará cuando DATUM la máquina.	INICIE SESIÓN como ADMIN. Vuelva a cargar su configuración. Presiona OK. Máquina DATUM. Si el problema persiste, comuníquese con Atención al cliente.	Bimestral	3	Técnico Mec	1	2		
	1	5	Unión del pórtico al ejecutar piezas	Engrase los casetes laterales.						1	2
	1	10	La luz óhmica no indica un estado de detección amarilla cuando la antorcha entra en contacto con el material	Retire la tapa de retención del cuerpo de la antorcha e inspeccione / limpie los consumibles para detectar cualquier residuo, reemplace una vez limpios.	Trimestral	1	Operario	1	5	81.48	97.37
Software	1	12	Error "Fallo de IHS: Limpiar la escoria de los consumibles" Con la antorcha sin tocar la superficie del material.	Reemplace los consumibles por elementos nuevos, incluida la tapa de retención.				1	6		
	1	8	Durante el movimiento de corte inicial, el protector de la antorcha entra en contacto con el material deteniendo la máquina.	Compruebe que la altura de corte esté ajustada al valor correcto. Compruebe que el modo AVHC Auto / Manual esté configurado en Auto. Compruebe que el modo Voltaje de muestra esté activado.	Trimestral	2	Técnico Mecánico	1	4		
TOTAL	5	40	Hrs/año					5	19		Hr/Año

Nota: se muestra resultados de disponibilidad en el periodo 2018 y 2019.

4.3.6.2. Máquina de soldar familia Invertec

Tabla 4.30

Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Invertec 001

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOLD-IN-LEP-001 - C. 2018				MEDIDAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - C. 2019			
Tipos de Fallas	N° de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas	Tareas Propuestas	Estrategia	Veces	Realizado Por	N° de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	D1 % /Antes de PMP)	D2 % /Después de PMP)
Obstrucción	2	15	* Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escorias de soldaduras.	*Revisar y limpiar la antorcha de la pistola de soldar y tobera antes y después de su uso.	Diario	1	Operador/ Tc Mecánico	1	8		
	1	15	* Se detiene de repente, por la obstrucción en la ventilación, fallas de ventilador de refrigeración interno o sobrecarga.	*Realizar limpieza externa y despejar las entradas del área de ventilación	Semanal	2	Tc Operador/ mecánico	1	5		
Eléctrica	1	6	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.	*Revisar y hacer limpieza en el sistema eléctrico	Mensual	1	Tc Mecánico	0	0		
Desgaste	2	30	* El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquinas de soldar MIG debido que ya terminó su vida útil y no permite soldar adecuadamente.	*Renovación de los accesorios de la máquina de soldar	Trimestral	2	Tc Mecánico	1	18	85.02	94.09
Rotura	1	20	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivo que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable	*Ordenar y limpiar el área de trabajo antes y después de trabajar	Mensual	1	Operador	0	0		
Temperatura Alta	1	20	* Esto afecta el transformador, es debido al sobrecalentamiento en la máquina por la variación de corriente y el tiempo excesivo al soldar continuamente.	*Capacitar al personal en el uso del tiempo y configuración adecuada para soldar	Semestral	1	Tc Mecánico / Tercero	1	3		
Calibración	1	18	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgica)	*Capacitar al personal en el cumplimiento del plan mantenimiento propuesto del equipo	Anual	1	Tc Mecánico / Tercero	1	12		
TOTAL	9	124	Hrs/año					5	46		Hrs/año

Nota: se muestra resultados de disponibilidad en el periodo 2018 v 2019.

4.3.6.3. Máquina de soldar familia Invertec

Tabla 4.31

Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Invertec 004

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOLD-INV-LEP-004 - C. 2018				MEDIDAS DEL PLAN MANTENIMIENTO PREVENTIVO				DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - C. 2019			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas	Tareas Propuestas	Estrategia	Veces	Realizado Por	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	D1 % (Antes del PMP)	D2 % (Después del PMP)
Obstrucción	2	20	* Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo de que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escoria de la soldadura.	*Revisar y limpiar la antorcha de la pistola de soldar y tobera antes de y después de su uso.	Diario	1	Operador / Tc Mecánico	1	10		
	1	15	* Se detiene de repente, por a la obstrucción en la ventilación, fallas de ventilador de refrigeración interno, o sobrecarga.	*Realizar limpieza externa y despejarlas entradas del área de ventilación	Semanal	2	Operador / Tc Mecánico	1	7		
Eléctrica	1	6	* No arranca, fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.	*Revisar y hacer limpieza en el sistema eléctrico	Mensual	1	Tc Mecánico	0	0		
Desgaste	2	24	* El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquinas de soldar MIG debido que ya terminó su vida útil y no permite soldar adecuadamente.	*Renovación de los accesorios de la máquina de soldar	Trimestral	2	Tc Mecánico	1	15		
Rotura	1	15	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivo que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable.	*Ordenar y limpiar el área de trabajo, antes y después de trabajar.	Mensual	1	Operador	0	0		
Temperatura Alta	2	25	* Esto afecta el transformador, es debido al sobrecalentamiento en la máquina por la variación de corriente y el tiempo excesivo al soldar continuamente.	*Capacitar al personal en uso de tiempo y configuración adecuada para soldar.	Semestral	1	Tc Mecánico / Tercero	1	3		
Calibración	1	30	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgicamente)	*Capacitar al personal en el cumplimiento del plan mantenimiento propuesto del equipo	Anual	1	Tc Mecánico / Tercero	1	12		
TOTAL	10	135	Hrs/año					5	47	83.91	88.65
											Hrs/año

4.3.6.4. Máquina de soldar familia Flextec

Tabla 4.32

Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Flextec 002

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOL-FLE-LEP-002 - C.2018				MEDIDAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - C. 2019			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas	Tareas Propuestas	Estrategia	Veces	Realizado Por	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	D1 % (Antes del PMP)	D2 % (Después del PMP)
Obstrucción	2	10	* Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo de que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escoria de la soldadura.	*Revisar y limpiar la antorcha de la pistola de soldar y tobera antes de y después de su uso.	Diario	1	Operador/ Tc Mecánico	1	5		
	1	15	* Se detiene de repente, por a la obstrucción en la ventilación, fallas de ventilador de refrigeración interno, o sobrecarga.	* Realizar limpieza externa y despejarlas entradas del área de ventilación	Semanal	2	Operador/ Tc Mecánico	1	7		
Eléctrica	1	10	* No arranca, fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.	* Revisar y hacer limpieza en el sistema eléctrico	Mensual	1	Tc Mecánico	0	0		
Desgaste	1	10	* El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquinas de soldar MIG debido que ya terminó si vida útil y no permite soldar adecuadamente.	* Renovación de los accesorios de la máquina de soldar	Trimestral	2	Tc Mecánico	1	5	86.17	88.65
Rotura	2	8	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivo que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable.	*Ordenar y limpiar el área de trabajo, antes y después de trabajar.	Diario	1	Operador	0	0		
Temperatura Alta	2	30	* Esto afecta el transformador, es debido al sobrecalentamiento en la máquina por la variación de corriente y el tiempo excesivo al soldar continuamente.	*Capacitar al personal en uso de tiempo y configuración adecuada para soldar.	Semestral	1	Tc Mecánico / Tercero	1	5		
Calibración	1	30	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgica)	*Capacitar al personal en el cumplimiento del plan mantenimiento propuesto del equipo	Anual	1	Tc Mecánico / Tercero	1	24		
TOTAL	10	113	Hrs/año					5	46	Hr/Año	

Máquina de soldar familia Power Wave

Tabla 4.33

Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Power Wave 003

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOL-PWV-LEP-003 - C. 2018				MEDIDAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - C. 2019				
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas	Tareas Propuestas	Estrategia	Veces	Realizado Por	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	D1 % (Antes del PMP)	D2 % (Después del PMP)
Obstrucción	2	10	* Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo de que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escoria de la soldadura.	*Revisar y limpiar la antorcha de la pistola de soldar y tobera antes de y después de su uso.	Diario	1	Operador / Tc	1	5		
	1	15	* Se detiene de repente, por a la obstrucción en la ventilación, fallas de ventilador de refrigeración interno, o sobrecarga.	*Realizar limpieza externa y despejar las entradas del área de ventilación.	Semanal	2	Operador / Tc Mecánico	1	7		
Eléctrica	1	10	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.	*Revisar y hacer limpieza el sistema eléctrico.	Mensual	1	Tc Mecánico	1	5		
Desgaste	1	10	* El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquinas de soldar MIG debido que ya terminó su vida útil y no permite soldar adecuadamente.	*Renovación de los accesorios de la máquina de soldar.	Trimestral	2	Tc Mecánico	1	5		
Rotura	2	8	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivo que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable.	*Ordenar y limpiar el área de trabajo, antes y después de trabajar.	Diario	1	Operador	1	2	85.64	94.31
Temperatura Alta	2	30	* Esto afecta el transformador, es debido al sobrecalentamiento en la máquina por la variación de corriente y el tiempo excesivo al soldar continuamente.	*Capacitar al personal en el uso de tiempo y configuración adecuada para soldar.	Semestral	1	Tc Mecánico / Tercero	1	5		
Calibración	1	30	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgica)	*Capacitar al personal en el cumplimiento del plan mantenimiento propuesto del equipo	Anual	1	Tc Mecánico / Tercero	1	18		
Tarjeta de Control	1	5	El termostato del módulo primario está abierto. Es sucede típicamente porque el ventilador inferior no está trabajando.	* el cumplimiento del plan mantenimiento propuesto del equipo	Anual	1	Tc Mecánico / Tercero	1	3		
TOTAL	11	118	Hrs/año					8	50		Hr/Año

Nota: se muestra resultados de disponibilidad en el periodo 2018 y 2019.

4.3.6.5. Máquina de soldar familia Power Wave

Tabla 4.34

Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Power Wave 004

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOL-PWV-LEP-004 - C.20182019				MEDIDAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - C. 2019				
Tipos de Fallas	N° de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas	Tareas Propuestas	Estrategia	Veces	Realizado Por	N° de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	D1 % (Antes del PMP)	D2 % (Después del PMP)
Obstrucción	3	10	* Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo de que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escoria de la soldadura.	*Revisar y limpiar la antorcha de la pistola de soldar y tobera antes de y después de su uso.	Diario	1	Operador/ Tc Mecánico	1	3		
	1	15	* Se detiene de repente, por a la obstrucción en la ventilación, fallas de ventilador de refrigeración interno, o sobrecarga.	*Realizar limpieza externa y despejar las entradas del área de ventilación.	Semanal	2	Operador/ Tc Mecánico	1	6		
Eléctrica	2	10	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.	*Revisar y hacer limpieza el sistema eléctrico.	Mensual	1	Tc Mecánico	1	2		
Desgaste	1	10	* El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquina de soldar MIG debido que ya termino su vida útil, y no permite soldar adecuadamente.	*Renovación de los accesorios de la máquina de soldar.	Trimestral	2	Tc Mecánico	1	5		
Rotura	2	15	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivo que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable.	*Ordenar y limpiar el área de trabajo, antes y después de trabajar.	Diario	1	Operador	1	4	87.02	90.40
Temperatura Alta	1	30	* Esto afecta el transformador, es debido al sobrecalentamiento en la máquina por la variación de corriente y el tiempo excesivo al soldar continuamente.	*Capacitar al personal en uso de tiempo y configuración adecuada para soldar.	Semestral	1	Tc Mecánico / Tercero	1	3		
Calibración	1	15	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgicamente)	*Capacitar al personal en el cumplimiento del plan mantenimiento propuesto del equipo	Anual	1	Tc Mecánico / Tercero	1	18		
Tarjeta de Control	1	10	El termostato del módulo primario está abierto. Es sucede típicamente porque el ventilador inferior no está trabajando.	*Capacitar al personal en el cumplimiento del plan mantenimiento propuesto del equipo	Anual	1	Tc Mecánico / Tercero	1	3		
TOTAL	11	105	Hrs/año					8	44		Hr/Año

Nota: se muestra resultados de disponibilidad en el periodo 2018 y 2019.

4.3.6.6. Máquina de soldar familia Power Wave

Tabla 4.35

Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de Soldar Power Wave AC / DC 005

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOL-PWV-LEP-005 - C. 2018				MEDIDAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - C. 2019				
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas	Tareas Propuestas	Estrategia	Veces	Realizado Por	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	D1 % (Antes del PMP)	D2 % (Después del PMP)
Obstrucción	1	1	* Impide soldar, ya que no genera chispa por motivo de que la antorcha de la pistola de soldar están tapados por escoria de la soldadura	*Revisar y limpiar la antorcha de la pistola de soldar y tobera antes de y después de su uso.	Diario	1	Operador/ Tc Mecánico	1	1		
	1	2	* Se detiene de repente, por a la obstrucción en la ventilación, fallas de ventilador de refrigeración interno, o sobrecarga.	*Realizar limpieza externa y despejar las entradas del área de ventilación.	Semanal	2	Operador/ Tc Mecánico	1	1		
Eléctrica	1	3	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.	*Revisar y hacer limpieza el sistema eléctrico.	Mensual	1	Tc Mecánico	1	1		
Desgaste	1	2	* El desgaste de los accesorios de la pistola de soldar o de otros elementos de la máquina de soldar MIG debido que ya termino su vida útil, y no permite soldar adecuadamente.	*Renovación de los accesorios de la máquina de soldar.	Trimestral	2	Tc Mecánico	1	1	93.62	99.28
Calibración	1	2	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgicamente)	*Ordenar y limpiar el área de trabajo, antes y después de trabajar..	Diario	1	Operador	1	1		
Tarjeta de Control	1	2	El termostato del módulo primario está abierto. Es sucede típicamente porque el ventilador inferior no está trabajando.	*Capacitar al personal en uso de tiempo y configuración adecuada para soldar.	Semestral	1	Tc Mecánico / Tercero	0	1		
TOTAL	5	12	Hrs/año					5	6		Hr/Año

Nota: se muestra resultados de disponibilidad en el periodo 2018 y 2019.

4.3.6.7. **Equipo Compresor de aire**

Tabla 4.36

Plan de Mantenimiento preventivo – Compresor de aire

DETALLES DE FALLAS DE LA COMPRESORA EQP-COM-LEP-001 - C. 2018				MEDIDAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - C. 2019				
Tipos de Fallas	N° de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas	Tareas Propuestas	Estrategia	Veces	Realizado Por	N° de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	D1 % (Antes del PMP)	D2 % (Después del PMP)
Lubricación	1	5	* La falta de engrase y lubricación en rodamientos y/o pistones a causa de fuga. Permitiendo esto al desgaste de los pistones y de los rodamientos.	*Revisar y lubricar o engrasar los elementos del sistema de lubricación y los rodajes.	Trimestral	1	Tc Mecánico	1	2		
Desgaste	1	6	* El desgaste de las válvulas, retenes de lubricación, rodamientos, deterioro de mangueras y llaves, o de otros elementos debido que ya terminó su vida útil y no permite la disponibilidad eficiente del compresor.	*Revisar / Cambiar y hacer limpieza de los elementos de los distintos sistemas que tienden a su desgaste.	Bimestral	1	Tc Mecánico	1	2		
	1	8	* Sobre calentamiento debido a la temperatura del gas comprimido	*Revisión de la temperatura de la máquina	Diario	1	Tc Mecánico	1	5	88.67	94.09
Altas Temperaturas	1	5	* En el aislamiento se producen altas temperaturas, ocasionando obsolescencia y daños en el sistema eléctrico	*Revisión de aislamientos.	Mensual	1	Tc Mecánico	1	3		
	1	10	* En los embobinados se producen sobre calentamiento dado así por una falta de mantenimiento que no se ha realizado	*Revisión de embobinados y realizar limpieza en el sistema eléctrico.	Bimestral	1	Tc Mecánico	0	8		
Suciedad	1	12	* No carga lo suficiente y consume energía de más por motivo de que los pistones se ensucian	*revisión y limpieza de los pistones.	Semestral	1	Tc Mecánico	1	6		
TOTAL	6	46	Hrs/año					5	26	Hr/Año	

4.3.6.8. Equipo de plasma manual

Tabla 4.37

Plan de Mantenimiento preventivo – Plasma Manual

DETALLES DE FALLAS DE PLASMA MANUAL MAQ-COR-LEP-002 - C. 2018				MEDIDAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - C. 2019			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas	Tareas Propuestas	Estrategia	Veces	Realizado Por	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	D1 % (Antes del PMP)	D2 % (Después del PMP)
Interruptor	1	2	El interruptor automático de entrada se abre repetidamente.	Instale un circuito de entrada mayor o gire el control de salida a un amperaje menor.	Semanal	1	Operador/ Tc Mecánico	1	1		
Alimentación de entrada	1	5	No luz de indicación de estado y el ventilador no opera 5 segundos después de que se enciende el interruptor de encendido.	Revise la alimentación para asegurarse de que está encendida. Revise los fusibles de alimentación en los interruptores y la conexión de la máquina.	Mensual	1	Tc Mecánico	0	2		
	1	5	No luz de indicación de estado 5 segundos después de que se enciende el interruptor de encendido, pero el ventilador opera.	Posible Tarjeta de Control defectuosa.	Bimestral	1	Tc Mecánico	1	2	87.56	97.64
Tarjeta de control	1	3	El LED Térmico no se apaga.	Posible Tarjeta de Control defectuosa.	Mensual	1	Operador	0	1		
	1	10	La TOMAHAWK™ 1000 se enciende adecuadamente pero no hay respuesta cuando el gatillo se jala y sólo se ilumina el LED DE ENCENDIDO.	Remueva las manijas (o cilindro) de la antorcha y examine todas las conexiones. Revise si el interruptor del gatillo funciona adecuadamente. Reemplace el interruptor del gatillo o cable de la antorcha si está defectuoso. Posible Tarjeta de Control defectuosa.	Semestral	1	Tc Mecánico / Tercero	1	4		
TOTAL	5	25	Hrs/año					3	10	Hrs/año	

Nota: se muestra resultados de disponibilidad en el periodo 2018 y 2019.

4.3.6.9. Máquina de soldar familia Arcweld

Tabla 4.38

Plan de Mantenimiento preventivo – Máquina de soldar Inversor

DETALLES DE FALLAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR MAQ-SOL-AR-LEP-001 - C. 2018				MEDIDAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - C. 2019			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas	Tareas Propuestas	Estrategia	Veces	Realizado Por	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	D1 % (Antes del PMP)	D2 % (Después del PMP)
Eléctrica	1	10	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muerto, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto	*Realizar limpieza externa y despejar las entradas del área de ventilación.	Semanal	2	Operador / Tc Mecánico	1	5		
Desgaste	1	10	* El desgaste de los accesorios de la antorcha de soldar o de otros elementos de la máquina de soldar debido que ya termino su vida útil, y no permite soldar adecuadamente.	*Revisar y hacer limpieza el sistema eléctrico.	Mensual	1	Tc Mecánico	0	5		
Rotura	1	5	* La rotura o corte en los cables de la pinza o de la pistola por motivo que en la planta se encuentra planchas con filos o cuando cae otro objeto sobre el cable.					1	2	90.72	98.10
Temperatura Alta	1	5	* Esto afecta al transformador, debido al sobrecalentamiento en la máquina por la variación de corriente y al tiempo excesivo al soldar continuamente	*Ordenar y limpiar el área de trabajo, antes y después de trabajar.	Diario	1	Operador	1	2		
Calibración	1	1	* Esto afecta directamente a la calidad de soldadura (visual y metalúrgicamente)	*Capacitar al personal en uso de tiempo y la configuración adecuada para soldar	Semestral	1	Tc Mecánico / Tercero	0	1		

Tarjeta de Control	1	5	El termostato del módulo primario está abierto. Es suceso típicamente porque el ventilador inferior no está trabajando.	*Revisar / Cambiar y hacer limpieza	Mensual	2	Operador / Tc Mecánico	1	1	
TOTAL	6	36	Hrs/año					4	16	Hrs/año

Nota: se muestra resultados de disponibilidad en el periodo 2018 y 2019.

4.3.6.10. Equipo simulador de soldadura

Tabla n.º 4.39

Plan de Mantenimiento preventivo – Simulador de soldadura

DETALLES DE FALLAS DE SIMULADOR MAQ-SOL-SI-LEP-001 - C. 2018				MEDIDAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - C. 2019			
Tipos de Fallas	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	Detalles de las Fallas	Tareas Propuestas	Estrategia	Veces	Realizado Por	Nº de Fallas	Tiempo Perdido de Reparación	D1 % (Antes del PMP)	D2 % (Después del PMP)
Eléctrica	1	4	* No arranca, un fusible fundido de la línea de alimentación, circuito de potencia muertos, a sobrecarga o la entrada de voltaje incorrecto.	*Realizar limpieza externa y despejar las entradas del área de ventilación.	Semanal	2	Operador/ Tc Mecánico	1	2	83.02	98.34
hardware	1	5	Mantener apretado el botón verde no apaga a la VRTEX® 360. La máquina fue apagada y no enciende cuando se oprime el botón verde circular.	A fin de apagar la VRTEX® 360, seleccione menú y después apagar. El botón verde no se utiliza para apagar al sistema.	Mensual	1	Tc Mecánico	0	2		

Software	1	12	La imagen del cupón de soldadura es una configuración diferente al cupón físico. El brazo y/o mesa son diferentes que los visuales en el software. La ubicación del dispositivo FCAW/GMAW VR o SMAW VR no corresponde a la imagen que se muestra en el dispositivo FMD (Casco Visor).	Oprima el botón de menú y seleccione el tipo de cupón de cambio. Cambie las selecciones del software para que las imágenes en la pantalla correspondan al hardware que está utilizando.	Mensual	1	Tc Mecánico	1	4	
Interferencias	1	10	Hay temblor, agitación o bamboleo en la pantalla de la Careta y Monitor.	Revise si hay conexiones sueltas o con falla entre la Careta/Monitor y la máquina VRTEX 360. Vea el diagrama de cableado.	Diario	1	Operador	0	4	
Laser	1	5	Los datos de soldadura previos no son accesibles en la pantalla LASER. Algunos o ninguno de los parámetros de soldadura, defectos o discontinuidades se muestran en la gráfica de la pantalla LASER.	Utilice la palanca de mando para ir al número de pase y cambie los datos de pase que está buscando. Observe que algunas configuraciones sólo tienen capacidades de un pase. Vea las tolerancias predeterminadas de Lincoln.	Diario	1	Tc Mecánico / Tercero	1	2	
TOTAL	5	36	Hrs/año					3	14	Hrs/año

Nota: se muestra resultados de disponibilidad en el periodo 2018 y 2019.

4.1.1. Estimación de la Confiabilidad de las máquinas luego de aplicar AMEF en el plan de mantenimiento preventivo.

Para estimación de confiabilidad y disponibilidad de las maquinas luego del plan de mantenimiento preventivo basado en AMEF, analizamos los tiempos de funcionamiento de las máquinas por el 2019.

Tabla 4.40

Funcionamiento de máquinas

ÍTEM	MÁQUINA	TIEMPOS DE FUNCIONAMIENTO - 2019												TOTAL DE DÍAS	HORA X DÍA	TOTAL TIEMPO FUNCIONAMIENTO
		DÍAS UTILIZADOS														
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
1	MESA DE CORTE PLASMA	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	26	8	207
2	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	5	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	104	8	828
3	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	52	8	414
4	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	52	8	414
5	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	5	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	104	8	828
6	MAQUINA DE SOLDAR FLEXTEC	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	52	8	414
7	MAQUINA DE SOLDAR FLEXTEC	5	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	104	8	828
8	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	52	8	414
9	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	52	8	414
10	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	5	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	104	8	828
11	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	5	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	104	8	828
12	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE AC/DC	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	26	8	207
13	COMPRESOR DE AIRE	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	53	8	424
14	PLASMA MANUAL	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	26	8	207
15	MAQUINA DE SOLDAR ARCWELD	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	52	8	414
16	SIMULADOR VERTX	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	26	8	207

Nota: se muestra resultados de disponibilidad en el periodo 2018 y 2019.

Después de la aplicación de las actividades del Plan de mantenimiento Preventivo, se obtiene una nueva disponibilidad y confiabilidad de las máquinas y una nueva disponibilidad y confiabilidad promedio anual.

Tabla 4.41

Resultado de análisis de disponibilidad y confiabilidad después de P.M.

CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD ANUAL ACTIVOS DE LABORATORIO DE WELDERS PERÚ SAC - 2019									
Nombre	Máquina	Código	TTF [Hrs/Año] (Tiempo Neto Total de Funcionamiento)	TPR [Hrs/Año] (Tiempo perdido de Reparación)	F [Hrs/Año] (Cantidad de Fallas)	MTBF [Hrs/Año] (Tiempo Promedio de fallas)	MTTR [Hrs/falla] (Tiempo Medio de Reparación)	D(t) [%] (Disponibilidad anual)	C(t) [%] (Confiabilidad anual)
PLASMA CNC	MAQ-COR-LEP-001		207	19	5	41.4	3.8	91.6	0.674
MAQUINA INVERTEC	MAQ-SOL-INV-LEP-001		828	52	5	165.6	10.4	94.1	0.674
MAQUINA INVERTEC	MAQ-SOL-INV-LEP-004		414	53	5	82.8	10.6	88.7	0.674
MAQUINA FLEXTEC	MAQ-SOL-FLE-LEP-002		414	53	5	82.8	10.6	88.7	0.674
MAQUINA POWER WAVE	MAQ-SOL-PWV-LEP-003		828	50	5	165.6	10.0	94.3	0.674
MAQUINA POWER WAVE	MAQ-SOL-PWV-LEP-004		414	44	5	82.8	8.8	90.4	0.674
MAQUINA POWER WAVE	MAQ-SOL-PWV-LEP-005		828	6	5	165.6	1.2	99.3	0.674
COMPRESOIR DE AIRE	EQP-COM-LEP-001		414	26	6	69.0	4.3	94.1	0.248
PLASMA MANUAL	MAQ-SOL-AR-LEP-001		414	10	5	82.8	2.0	97.6	0.674
MAQUINA ARCWELD	MAQ-SOL-AR-LEP-001		828	16	6	138.0	2.7	98.1	0.248
SIMULADOR VERTEX	MAQ-SOL-SI-LEP-001		828	14	5	165.6	2.8	98.3	0.674
DISPONIBILIDAD ANUAL PROMEDIO								94.1	0.597

4.1.2. Simulación del Análisis de Criticidad

Se realiza un nuevo análisis de criticidad de las máquinas de soldadura, luego de haber encontrado sus efectos de fallas y mejora de trabajo mediante el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 4.42

Resultado de análisis de criticidad período 2019

ÍTEM	EQUIPO		CRITERIOS					VALOR	NIVEL	DISPONIBILIDAD %
	MAQUINA	CODIGO	F.F	I.o	F.o	C.m	Imp	CRÍTICO	CRÍTICO	
1	MESA DE CORTE PLASMA	MAQ-COR- LEP-001	2	2	2	2	2	16	bajo	91.6
2	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	MAQ-SOL- INV-LEP-001	3	3	3	3	2	33	medio	94.1
3	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	MAQ-SOL- INV-LEP-004	3	3	1	3	2	27	medio	88.7
4	MAQUINA DE SOLDAR FLEXTEC	MAQ-SOL- FLE-LEP-002	3	4	2	2	2	30	medio	88.7
5	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	MAQ-SOL- PWV-LEP-003	3	4	3	3	2	36	medio	94.3
6	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	MAQ-SOL- PWV-LEP-004	4	3	1	2	2	32	medio	90.4
7	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE AC/DC	MAQ-SOL- PWV-LEP-005	2	4	4	2	3	26	medio	99.3
8	COMPRESOR DE AIRE	EQP-COM- LEP-001	2	3	3	1	2	18	bajo	94.1
9	PLASMA MANUAL	MAQ-COR- LEP-002	1	3	4	1	2	10	bajo	97.6
10	MAQUINA DE SOLDAR ARCWELD	MAQ-SOL- AR-LEP-001	3	3	1	1	2	21	bajo	98.1
11	SIMULADOR VERTEX	MAQ-SOL-SI- LEP-001	1	3	2	1	1	7	Bajo	98.3

De acuerdo a la tabla 4.42. Se puede decir observar que el nivel crítico de las maquinas del periodo 2018 ya no se encuentran de baja después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo.

4.1.3. Evaluación económica del plan de mantenimiento.

Los costos por mantenimiento correctivo fueron proporcionados por el área logística y de administración de la empresa.

Estos costos brindados por la empresa corresponden a las reparaciones por mantenimiento correctivo no planificado, ya sea por repuestos, lubricantes, servicios a terceros, mano de obra, entre otros; el cual muestro a continuación:

Tabla n.º 4.43
Resultado de análisis costos de mantenimiento período 2018

ÍTEM	EQUIPOS	CANTIDAD	COSTO POR MANTENIMIENTO
1	MESA DE CORTE PLASMA	1	S/.1,000.00
2	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	4	S/.4,000.00
3	MAQUINA DE SOLDAR FLEXTEC	2	S/.2,000.00
4	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	4	S/.4,000.00
5	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE AC/DC	1	S/.800.00
6	COMPRESOR DE AIRE	1	S/.1,200.00
7	PLASMA MANUAL	1	S/.1,000.00
8	MAQUINA DE SOLDAR ARCWELD	1	S/.800.00
9	SIMULADOR VERTX	1	S/.800.00
TOTAL			S/.15,600.00

Nota: se muestra resultados antes de aplicación RCM.

Al aplicar la metodología de RCM para las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC, según información entregada por el área de administración describo a continuación los costos generados área el período 2019:

Tabla n.º 4.44

Resultado de análisis costos de mantenimiento período 2019

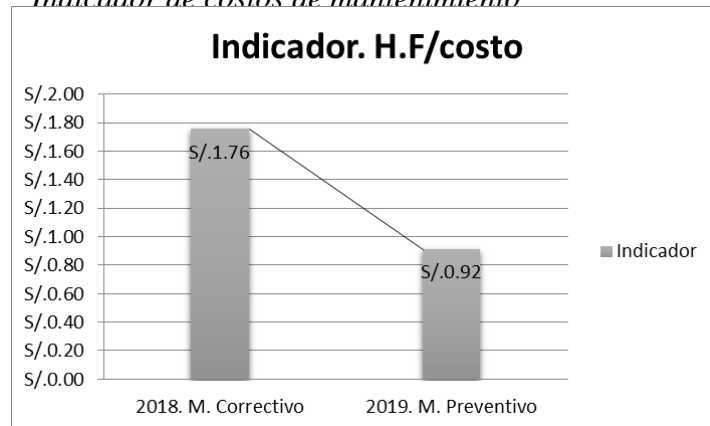
ÍTEM	EQUIPOS	CANTIDAD	COSTO POR MANTENIMIENTO
1	MESA DE CORTE PLASMA	1	S/.500.00
2	MAQUINA DE SOLDAR INVERTEC	4	S/.2,000.00
3	MAQUINA DE SOLDAR FLEXTEC	2	S/.1,000.00
4	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE	4	S/.2,000.00
5	MAQUINA DE SOLDAR POWER WAVE AC/DC	1	S/.500.00
6	COMPRESOR DE AIRE	1	S/.800.00
7	PLASMA MANUAL	1	S/.600.00
8	MAQUINA DE SOLDAR ARCWELD	1	S/.600.00
9	SIMULADOR VERTX	1	S/.500.00
TOTAL			S/.8,500.00

Nota: se muestra resultados después de aplicación RCM.

Se muestra para el período 2019 un costo generado por mantenimiento de S/. 8,500.00, generando un ahorro S/. 7,100.00 con respecto al periodo anterior.

Tabla n.º 4.41

Indicador de costos de mantenimiento



En la tabla n.º. 4.41 se muestra el indicador del costo de mantenimiento por hora de funcionamiento de las máquinas para el periodo 2018 siendo de S/1.76 y para el periodo 2019 de S/0.92 obteniendo una reducción de S/0.84 soles por hora de funcionamiento.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

Luego de evaluar el estado de los equipos en el periodo anterior 2018 y posteriormente para el 2019 aplicando en nuevo plan preventivo de mantenimiento preventivo a las 11 máquinas del laboratorio en la Empresa Welders Perú SAC, se obtuvieron los siguientes resultados:

Determinar los efectos de la aplicación de la metodología RCM en los tiempos de reparación

de las

5.1. Resultados respecto al objetivo específico 1

máquinas de soldar en la empresa Welders Perú SAC.

Los procedimientos que se aplicaron para lograr el objetivo 1 fueron:

1. Evaluación de reportes de fallas de equipos por ciclos
2. Cumplimiento de tiempos programados de actividades en el plan de mantenimiento preventivo.
3. Cumplimiento de llenado de reporte de fallas según el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 5.1

— *Resultados de tiempos de reparación.*

TIEMPOS DE REPARACIÓN				
ÍTE M	EQUIPO	2018 (Horas)	2019 (Horas)	REDUCCION (horas)
1	PLASMA CNC	40	19	21
2	MAQUINA INVERTEC	124	52	72
3	MAQUINA INVERTEC	135	53	82
4	MAQUINA FLEXTEC	113	53	60
5	MAQUINA POWER WAVE	118	50	68
6	MAQUINA POWER WAVE	105	44	61
7	MAQUINA POWER WAVE AC / DC	12	6	6
8	COMPRESOR DE AIRE	46	26	20
9	PLASMA MANUAL	25	10	15
10	MAQUINA ARCWELD	36	16	20
11	SIMULADOR VERTEX	36	14	22
TOTAL DE HORAS		790	343	447
PROMEDIO TOTAL DE HORAS		72	31	41

Nota: Resultados luego de aplicación de RCM.

Según tabla 5.1 se observa la reducción de 447 horas total de reparación en el periodo 2019 con respecto al año 2018 y una reducción de 41 horas promedio en el periodo 2019 con respecto al año 2018, siendo un 43.4% de reducción y ahorro de 56,58 %

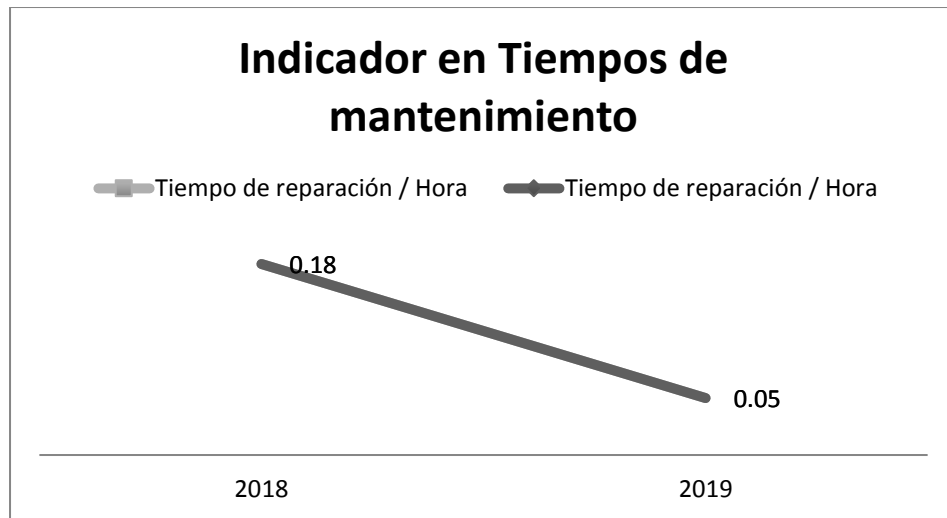


Figura. 5.1: Indicador de tiempos de reparación / hora.

En la figura 5.1 se observa el indicador de tiempo de reparación por hora de funcionamiento de máquina, para 2018 fue 0.18 horas y para 2019 fue 0.05 horas, dando una reducción de 0.11 horas en el indicador, siendo 29,8% de reducción y 70,2% de ahorro.

Determinar los efectos de la aplicación de la metodología RCM en la reducción de números de fallas

de las

5.2. Resultados respecto al objetivo específico 2

máquinas de soldar en la empresa Welders Perú SAC

Los procedimientos que se aplicaron para lograr con el objetivo 2 fueron:

1. Evaluación de reporte de fallas de equipos por ciclos
2. Cumplimiento de tiempos programados de actividades en el plan de mantenimiento preventivo.

3. Cumplimiento de llenado de reporte de fallas según el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 5.2

Resultados de números de fallas.

NÚMERO DE FALLAS				
ÍTEM	EQUIPO	2018 (Und)	2019 (Und)	REDUCCION (Und)
1	PLASMA CNC	5	5	0
2	MAQUINA INVERTEC	9	5	4
3	MAQUINA INVERTEC	10	5	5
4	MAQUINA FLEXTEC	10	5	5
5	MAQUINA POWER WAVE	11	5	6
6	MAQUINA POWER WAVE	11	5	6
7	MAQUINA POWER WAVE AC / DC	6	5	1
8	COMPRESOR DE AIRE	6	6	0
9	PLASMA MANUAL	5	5	0
10	MAQUINA ARCWELD	6	6	0
11	SIMULADOR VERTEX	5	5	0
TOTAL DE HORAS		84	57	27
PROMEDIO TOTAL DE HORAS		7,64	5,18	2,45

Nota: Resultados luego de aplicación de RCM.

Según tabla 5.2 se observa la reducción de 27 horas total de reparación en el periodo 2019 con respecto al año 2018 y una reducción de 2,45 horas promedio en el periodo 2019 con respecto al año 2018, siendo un 67.8% de reducción y 32.2% de ahorro.

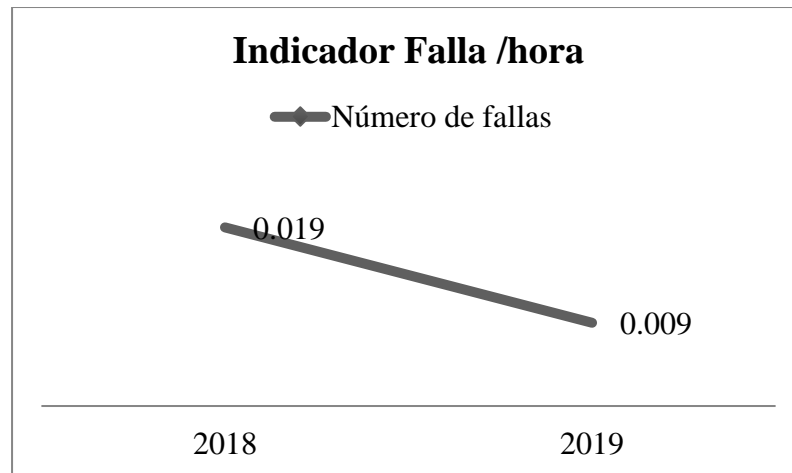


Figura. 5.2: Indicador falla por hora.

En la figura 5.2 se observa el indicador de número de fallas por hora de funcionamiento de máquina, para 2018 fue 0.019 fallas y 2019 fue 0.009 fallas, dando una reducción de 0.010 fallas/hora como indicador, teniendo 46,6% como reducción y 53,4% como ahorro.

Determinar los efectos de la aplicación de la metodología RCM en los costos de

5.3. Resultados respecto al objetivo específico 3

mantenimiento de las máquinas de soldar en la empresa Welders Perú SAC

Los procedimientos que se aplicaron para lograr con el objetivo 3 fueron:

1. Evaluación de reporte de fallas de equipos por ciclos
2. Cumplimiento de tiempos programados de actividades en el plan de mantenimiento preventivo.
3. Cumplimiento de llenado de reporte de fallas según el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla n.º 5.3

Resultados de costos de mantenimiento

Tipo de Mantenimiento	Horas de funcionamiento	Costo por Mantenimiento	Indicador
2018. M. Correctivo	4936	S/.15,600.00	S/.3.16
2019. M. Preventivo	5807	S/.8,500.00	S/.1.46
Ahorro		S/.7,100.00	S/.1.70

Nota: Resultados luego de aplicación de RCM.

Se observa en tabla 5.3:

- En el 2018 se generó un costo de S/.15,600.00 y en el 2019 se generó un costo de S/.8,500.00 por mantención de máquinas de soldadura, generando una reducción de S/.7,100.00 siendo 54.5 % de reducción y 45,5% de ahorro.

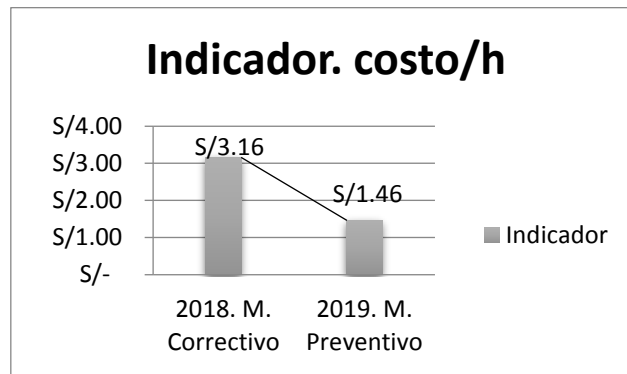


Figura. 5.3: Indicador costo por hora de funcionamiento.

En la figura 5.3 se observa el indicador de costos de mantenimiento por hora de funcionamiento de máquina, para 2018 fue S/.3, 16 y 2019 fue S/.1, 46, dando una reducción de S/.1, 7 costo/hora como indicador, teniendo 46,3% como reducción y 53,7% como ahorro.

Determinar los efectos de la aplicación de la metodología RCM en la disponibilidad de las

5.4. Resultados para cumplir el objetivo general

máquinas de soldar en la empresa Welders Perú SAC.

Se logró mejorar los indicadores de los equipos del laboratorio de soldadura aplicando la metodología RCM a un mantenimiento correctivo existente, mediante el aumento de disponibilidad y confiabilidad de dichos equipos, reducción de horas en tiempos de mantenimientos, cantidad de fallas y reducción de costos de mantenimiento.

Resultados total obtenido, para el cumplimiento del objetivo general:

Tabla n.º 5.4

Resumen de resultados según RCM en objetivo general

Ítem	Objetivos Específicos	Resultados				
		Inicial 2018	Final 2019	Ahorro	Reducción%	Ahorro%
1	Determinar tiempo total de Mantenimiento (Horas)	790	343	447	43,4%	56,6%
2	Determinar total número de fallas (Unidad)	84	57	27	67,9%	32,1%
3	Determinar Costos de Mantenimiento	S/ 15.600,00	S/ 8.500,00	S/ 7.100,00	54,5%	45,5%

Nota: Se detalla resultados después de aplicación RCM en los costos de mantenimiento, 67.9% en números de fallas y 54.5% en costos de mantenimiento.

5.5. Resultados complementarios:

5.5.1. Disponibilidad y confiabilidad en las máquinas de soldar.

Luego del análisis de estado de evaluación de nuestros equipos mediante: tiempo de funcionamiento, tiempos de reparación y cantidad de fallas, se aplicó las fórmulas del MTBF para calcular el tiempo medio entre fallas y MTTR para el cálculo de tiempo medio de reparaciones y finalmente poder hallar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de soldadura de los periodos 2018 y 2019 se obtuvieron los siguientes resultados:

- La disponibilidad para el periodo 2018 en promedio fue de **84.4 %** y para el periodo 2019 un promedio de **94.1 %**, obteniendo una mejora de aumento de **9,7%** más.
- Los resultados de la confiabilidad fueron: para el periodo 2018 un promedio de **25.4%** y para el periodo 2019 un promedio de **59.7%**, obteniendo una mejora de aumento de **34,3%** más.

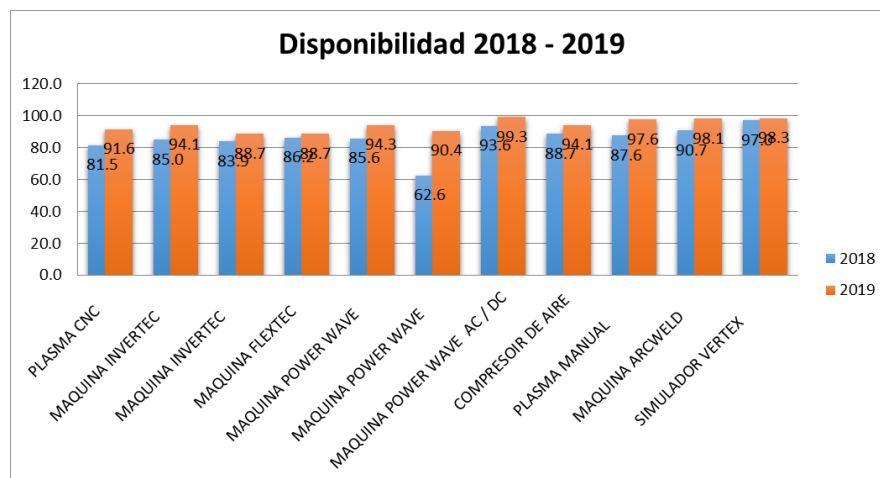


Figura. 5.3: Resumen disponibilidad 2018-2019

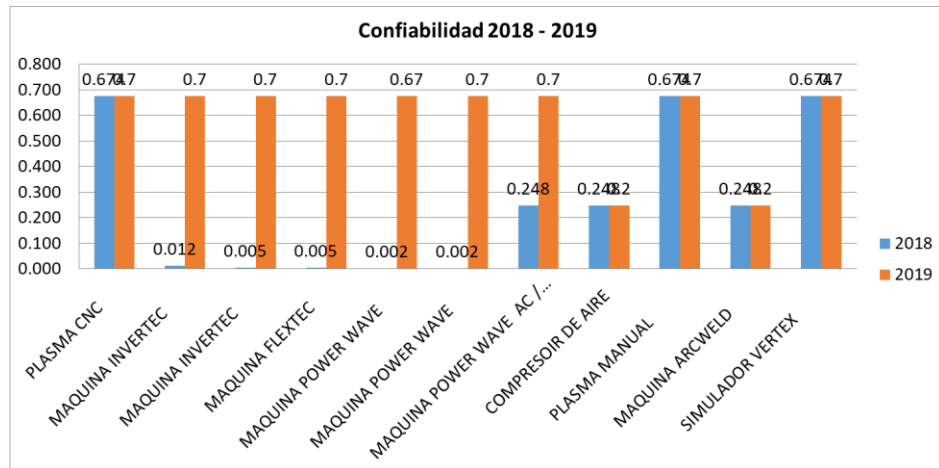


Figura 5.4: Resumen confiabilidad 2018-2019

5.5.1. Resultados de ventas en la empresa Welders Perú SAC (Lincoln Electric Perú)

En la empresa Welders Perú se tiene como procedimiento comercial, intentar siempre de poder llevar a los clientes al laboratorio de soldadura y poder mostrarle los equipos.

Si se logra cerrar la oportunidad de negocio y el laboratorio ha tenido participación en ciclo comercial con alguna actividad con el cliente, el número de venta (Factura de oportunidad) suma para los indicadores de participantes de ventas del laboratorio de soldadura.

El indicador de ventas de máquinas en el 2019 aumentó en un 35% con respecto al 2018 a consecuencia de contar con los equipos disponibles y operativos al 100%.

Tabla n.º 5.4

Resultado de ventas de equipos utilizando taller de soldadura 2019.

ítem	Equipo	Cantidad	Precio de ventas
1	Power Wave S350	25	\$ 375,000.00
2	Flextec 350x	20	\$ 110,000.00
3	Invertec	30	\$ 135,000.00
4	Power Wave Ac /DC	1	\$ 30,000.00
5	Arcweld	80	\$ 40,000.00
6	Mesas de corte	2	\$ 200,000.00
TOTAL			\$ 890,000.00

Nota: Basado en reporte de ventas anual de Welders Perú SAC.

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

6.1. Discusión de resultados.

- **Los resultados obtenidos referentes al objetivo específico 1**, son la reducción en los tiempos de reparación en promedio de las máquinas de soldadura, para el periodo de mantenimiento preventivo del 2019 de 31 horas, dichos resultados coinciden con los obtenidos por el autor Alfaro (2019) que expresó: reducción en el promedio intervalo de tiempo de reparación de 28 a 38 horas para las máquinas del taller metalmecánico. Además se pudo comprobar que los resultados demostrados están alineados y coherentes con la teoría del análisis de modos y efectos de fallas.
- **Los resultados obtenidos referentes al objetivo específico 2**, son la reducción del número de fallas en promedio de las máquinas de soldar, para el periodo de mantenimiento preventivo del 2019 de 5 fallas, dichos resultados concuerdan con los obtenidos por el autor Diestra (2017) que expresó: reducción en el promedio intervalo de tiempo de reparación de 4 a 8 horas para las maquinas del taller metalmecánico. Además se comprobó que los resultados obtenidos están alineados y coherentes con la teoría del análisis de modos y efectos de fallas.

Los resultados obtenidos referentes al objetivo específico 3, son la reducción de costos del mantenimiento de las máquinas de soldar, para el periodo

2019 con la aplicación de la metodología el costo de mantenimiento, se redujo en un 54.5 % con respecto al ciclo anterior, el autor Campos (2017) que expresó: que redujo los costos de mantenimiento en un 25%. Además se comprobó que los resultados son coherentes y están orientados con la teoría de los costos que se aplican actualmente.

6.2. Conclusiones

1. En los equipos de soldadura el tiempo de reparación en promedio para el periodo 2018 fue de 71,8 horas, luego de la aplicación de la metodología RCM se obtuvo como resultados que para el periodo 2019 se redujo a 31 horas, un indicador de tiempo de reparación por hora de 0.18 t. reparación/hora en el 2018 y 0.05 t. reparación/hora en el 2019.

2. El número de fallas de las máquinas de soldadura en promedio para el periodo 2018 fue de 7.64 fallas luego de la aplicación de la metodología RCM se obtuvo como resultado 5,518 fallas para el periodo 2019, un indicador de número de falla por hora en 2018 de 0.019 falla/hora y en el 2019 de 0.009 falla/hora

3. En el análisis de los costos de mantenimiento que se le realizaron a las máquinas de soldar para el ciclo 2018 fue de S/. 15,600.00 donde se consideran repuestos, lubricantes, servicio a terceros, entre otros; luego de la aplicación de la metodología RCM los costos de mantenimiento de las máquinas de soldar para el periodo 2019 fue de S/. 8,500.00.

4. Para el desarrollo de la aplicación de la metodología RCM se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de soldadura, tomando en cuenta las recomendaciones de mantenimiento según manual del fabricante para cada equipo. (Lincoln Electric).

5. Como conclusión general a los resultados obtenidos de la presente investigación, se determina que la implementación de la metodología RCM tiene efectos positivos en los indicadores de mantenimiento preventivos de las maquinas del laboratorio de soldadura, la

disponibilidad promedio de las máquinas para el periodo 2018 fue de 84.4% y para el periodo 2019 fue de 94.1%, logrando un aumento de 9.7% más luego de la implementación del RCM, la confiabilidad promedio de las máquinas para el periodo 2018 fue de 25.4% y para el periodo 2019 fue de 59.7%, logrando un aumento de 34.3% más luego de la implementación del RCM.

RECOMENDACIONES

1. Registrar todas las actividades que se realizan a las máquinas mediante los formatos establecidos, con el fin de obtener información para la elaboración de hojas de vida, con esto se podrá tomar en cuenta el tipo de falla más persistente y tomar una medida para evitarla.
2. Cumplir con el cronograma de actividades según el plan de mantenimiento establecido para poder lograr el aumento de los indicadores de mantenimiento de los equipos del laboratorio.
3. Revisión periódicamente a indicadores de gestión del mantenimiento como disponibilidad y confiabilidad; y el cumplimiento del programa de mantenimiento, para evaluar la gestión de mantenimiento.
4. Implementar paulatinamente los planes de mantenimiento preventivo a los demás equipos que no fueron considerados, con el fin de ir reduciendo los tiempos de” para” por mantenimiento correctivo.
5. Realizar un plan de capacitación para las personas involucradas en el plan de mantenimiento preventivo, además de concientizarlos acerca de la importancia de registrar cada actividad realizada, que se debe contar con información exacta sobre fallas o irregularidades presentadas en las maquinas en el momento determinado, para lograr los objetivos trazados para los siguientes años y mejora de posicionamiento en el mercado para Welder Perú SAC (Lincoln Electric Perú),

REFERENCIAS

- Gutiérrez (2018). "Análisis de los tiempos improductivos en el mantenimiento de máquinas de soldar en los procesos (SMAW, GTAW, GMAW, FCAW) de la empresa servicios y productos Joel Gutiérrez" Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Gómez (2017), "Propuesta de sistema de gestión de mantenimiento para taller metalmecánico campus San Joaquín", Universidad técnica Federico Santa María, Chile.
- Cárdenas (2011), "Diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM, para los Equipos y vehículos de Dinacol SA", Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia.
- Diestra (2017) "Incremento de la operatividad de las máquinas de la empresa metal work industrias SAC mediante un plan de gestión de mantenimiento preventivo" Universidad Nacional de Trujillo.
- Álvarez (2017), "Implementación de la metodología rcm para los vehículos de emergencia del Benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de Cuenca", Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Ecuador
- Núñez (2016), "RCM para optimizar la disponibilidad de los tractores de D&T en la empresa Aruntani SAC - unidad Tukari, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo - Perú.
- Santos (2017), "programa de mantenimiento preventivo de equipos, como alternativa de mejora en la realización y conformidad de servicios a la empresa Unión Andina de Cementos S.A.A, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Perú.

- Guevara (2019), "propuesta de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa CGW Plastic SAC, para la reducción de costos por parada de máquina", Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo - Perú.
- Muñoz (SF), libro de mantenimiento industrial, Universidad Carlos III Madrid, España
- Chulvi (2015), plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM en la EDAR de Nules Vilavella, España.
- Casas, "propuesta de plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos de la empresa Terminales Portuarios Peruanos SAC en el año 2017", Universidad Privada del Norte, Lima – Perú.
- ISO 14224 1era. Edición 1999-07-15, Industrias del Petróleo y del gas natural – recolección e intercambio de información de confiabilidad y mantenimiento para equipo.
- Varela (2013). “Implementación de un plan de mantenimiento Preventivo para la empresa RETESA S.A”. Universidad Tecnológica de Querétaro. México, mayo de 2013.
- Duffuaa, S (2007); Raouf, A.; Dixon, J. “Sistemas de mantenimiento planeación y control”, Limusa Wiley, Traducido México.
- Alfaro (2019) “gestión de mantenimiento basado en el riesgo para incrementar la confiabilidad de las máquinas de la empresa zinsac del Perú s.a.c.” Universidad Nacional de Trujillo.

- Moubray, John. (2004). Mantenimiento centrado en la confiabilidad – RCM II: Traducido por Ellman Suerios y Asociados. USA: Lillington – Carolina del Norte.
- Guevara. (2019). "Propuesta de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa CGW Plastic S.A.C. para la reducción de costos por parada de máquina". Tesis pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Elola,. (1997). Gestión Integral de Mantenimiento. Edit. MARCOMBO, S.A. Barcelona.
- Benítez Padrón, Marilyn aurora. (2010). “Modelo de gestión de mantenimiento basado en riesgo para máquinas y equipos de construcción civil”, Venezuela: Universidad de Zulia.
- Gálvez c.Ílich. (2009). Herramientas para la Mejora de los Procesos. Edit. Ford Motor. México.
- Gestión del Mantenimiento. (2012). Mantenimiento Productivo Total MPT. [En línea] 7 de febrero de 2012.
- Gonzáles (2005). Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Publicaciones FC.
- Mora (2011). Mantenimiento - Planeación, Ejecución y Control. Alfa omega editores Internacional. Bogotá.
- Ortega (2008). Montaje y mantenimiento mecánico. Edit. Distribuidora Libro sfp.
- PDVSA (Petróleos de Venezuela s.a.). (2002). El análisis de criticidad una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. Venezuela.

Moubray, John. (2004). Mantenimiento centrado en la confiabilidad – RCM II: Traducido por Ellman Suerios y Asociados. USA: Lillington – Carolina del Norte.

Torres (2014) Propuesta de Mejora en el Proceso de Fabricación de Pernos en una Empresa Metalmecánica. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Facultad de Ingeniería Industrial. Monterrico, Junio 2014


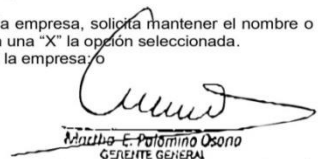
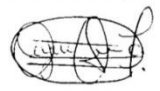
Terminología del Mantenimiento. (2011). UNE-EN 13306:2011. o de 2011,
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0046894#.VmEe6tV97IU>.

ANEXOS

Anexo 1. Acta de autorización de la investigación	134
Anexo 2. Matriz de consistencia	135
Anexo 3. Procedimiento Preliminar de mantenimiento de equipos.....	136
Anexo 4. Evaluación de Equipos.....	138
Anexo 5. Ambientes de trabajo	139
Anexo 6. Formato de asistencia.....	140
Anexo 7. Formato de Inspección.....	141
Anexo 8. Cotización de servicios de terceros.....	142

Anexo 1.

Acta de autorización de la investigación

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA		 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
<p>Yo Martha Esther Palomino Osorio Vda. de Collazos, identificado con DNI 06045785, en mi calidad de Gerente General Del área de Contabilidad de la empresa/institución Welders Perú S.A.C. con R.U.C N° 20601475643, ubicada en la ciudad de Lima.</p>					
<p>OTORGO LA AUTORIZACIÓN,</p>					
<p>Al señor JOSSIMAR EDU LUJAN LEZAMA, identificado con DNI N°44031363, egresado de la (X) Carrera profesional o () Programa de Postgrado de INGENIERIA INDUSTRIAL para que utilice la siguiente información de la empresa:</p>					
<ul style="list-style-type: none"> - Manuales de Máquinas del laboratorio. - Procedimiento operacional del laboratorio. - Plan de Calidad. - Proyección de asistencias del laboratorio. - Diagrama de funciones y equipo. - Planos del Centro de aplicaciones. - Costo de precio de equipos. 					
<p>con la finalidad de que pueda desarrollar su () Trabajo de Investigación, () Tesis o (X) Trabajo de suficiencia profesional para optar al grado de () Bachiller, () Maestro, () Doctor o (X) Título Profesional.</p>					
<p>Adjunto a esta carta, está la siguiente documentación: (X) Ficha RUC (X) Vigencia de Poder (Para informes de suficiencia profesional) () Otro (ROF, MOF, Resolución, etc. para el caso de empresas públicas válido tanto para Tesis, Trabajo de Investigación o Trabajo de Suficiencia Profesional).</p>					
<p>Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada. () Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa o (X) Mencionar el nombre de la empresa.</p>					
		 Martha E. Palomino Osorio GERENTE GENERAL			
		Firma y sello del Representante Legal DNI: 06045785			
<p>El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.</p>					
		 Jossimar Edú Luján			
		Firma del Egresado DNI: 44031363			
CÓDIGO DE DOCUMENTO	COR-F-REC-VAC-05.04	NÚMERO VERSIÓN	04	PÁGINA	Página 1 de 1
FECHA DE VIGENCIA	12/05/2020				

Anexo 2.

Matriz de consistencia

Anexo A. Matriz de Consistencia- Coherencia

Título: Aplicación de la metodología RCM y sus efectos en la disponibilidad de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC


Autor: Jossimar Edú Luján Lezama

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
General ¿Cómo mejora la aplicación de la metodología RCM la disponibilidad de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC?	General Determinar los efectos de la aplicación de la metodología RCM en la disponibilidad de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC	General La aplicación de la metodología RCM mejora significativamente en la disponibilidad de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC	Variable Ind.(X) aplicación de la metodología RCM Variable Dep.(Y) Disponibilidad de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC
Específicos a) ¿En qué medida favorece la aplicación de la metodología RCM en los tiempos de mantenimiento de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC? b) ¿En qué medida favorece la aplicación de la metodología RCM en la reducción de número de fallas de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC? c) ¿En qué medida favorece la aplicación de la metodología RCM en los costos de mantenimiento de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC?	Específicos a) Determinar los efectos de la aplicación de la metodología RCM en los tiempos de mantenimiento de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC b) Determinar los efectos de la aplicación de la metodología RCM en la reducción de números de fallas de las máquinas en el laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC c) Determinar los efectos de la aplicación de la metodología RCM en los costos de mantenimiento de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC	Específicos a) La aplicación de la metodología RCM mejora significativamente en los tiempos de mantenimiento de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC b) La aplicación de la metodología RCM mejora significativamente en la reducción de número de fallas de las máquinas en el laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC c) Existe efectos positivos y significativos en la aplicación de la metodología RCM en los costos de mantenimiento de las máquinas del laboratorio de soldadura en la empresa Welders Perú SAC	Variable (X₁): aplicación de la metodología RCM Variable (Y₁): Tiempos de mantenimiento Variable (X₂): aplicación de la metodología RCM Variable (Y₂): Número de Fallas Variable (X₃): aplicación de la metodología RCM Variable (Y₃): Costos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia del investigador.

Anexo 3.

Procedimiento Preliminar de mantenimiento de equipos

	<p>LINCOLN ELECTRIC PERU MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ESTANDAR</p>	<p>Versión 01</p>
<p>P-LEPE-A01-04</p>	<p>PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS</p>	<p>Página 1 de 5</p>

1. OBJETIVO

Garantizar el mantenimiento Preventivo y correctivo de los equipos del ATF de LEPE.

2. ALCANCE

Aplica para los equipos que se encuentran controlados bajo el ATF.

3. DEFINICIONES

Solicitud de Servicio: Requerimiento de Servicio de Mantenimiento, con el cual se solicita la ejecución de un servicio mediante el formato F-LEPE-005-05.

4. DOCUMENTOS REFERENCIADOS

F-LEPE-A01-11 Programa de Mantenimiento de equipos ATF

5. DESCRIPCION:

Se controlaran todos los equipos de soldadura por medio de las hojas de vida de los equipos (F-LEPE-A01-09) y se mantendrá identificado por medio de la etiqueta (F-LEPE-A01-10) las cuales se referencian con un código interno en cual está compuesto por:

LEPE: Lincoln Electric Perú

A01: Código ATF

Los últimos dos números de serie de cada máquina ejemplo 92, seguido del consecutivo de la máquina ejemplo 01.

Nota1: Para los equipos que requieran mantenimiento y que intervienen en el proceso se mantendrán identificados con un código interno el cual consta de los siguiente.

LEPE: Lincoln Electric Perú

201: Código ATF

Inicial del equipo seguido del número consecutivo ejemplo AM1

Para el desarrollo de las actividades de mantenimiento de equipos de la ATF se ejecutan los pasos descritos en el diagrama de flujo, bajo la responsabilidad del Director Técnico.

Nota2: Cuando el equipo se encuentre fuera de servicio por cualquier causa (verificación, fallas técnicas, condiciones inseguras en la operación), se tendrá debidamente identificado con una etiqueta (F-LEPE-A01-12).

LINCOLN[®] ELECTRIC	LINCOLN ELECTRIC PERU MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ESTANDAR	Versión 01
P-LEPE-A01-04	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Página 2 de 5



6. CONTROL DE CAMBIOS

CONTROL DE CAMBIOS			
VERSION	NOMBRE DE QUIEN MODIFICA	FECHA DE APROBACION	DESCRIPCION DEL CAMBIO

Anexo 4. Evaluación de Equipos



EVALUACION DE EQUIPOS



Anexo 5. Ambientes de trabajo



SALA DE CAPACITACION




SALA VIRTUAL



TALLER DE ENTRENAMIENTO

Anexo 6. Formato de asistencia



		DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO		Registro FO-SST-001	Edición 1	
		REGISTRO DE CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO, INDUCCIÓN Y SIMULACROS DE EMERGENCIA			20/01/2020	
N° DE REGISTRO :						
DATOS DEL EMPLEADOR PRINCIPAL :						
WELDERS PERU S.A.C. RUC 20901475643		CALLE JUAN MILLER 225 URB. INDUSTRIAL LA CHALACA - CALLAO		OTRAS ACTIVIDAD DE TIPO SERVICIO NCP		
CAPACITACIÓN/ CURSO <input type="checkbox"/>		SIMULACRO DE EMERGENCIA <input type="checkbox"/>		N° TRABAJADORES: 8		
ENTRENAMIENTO <input type="checkbox"/>		INDUCCIÓN BÁSICA DE SEGURIDAD <input type="checkbox"/>				
CHARLA <input type="checkbox"/>		REUNION/ OTROS <input type="checkbox"/>				
TEMA:						
Instructor/Capacitador/Entrenador:						
Fecha:		Hora Inicio:		Hora término:..... Duración: horas		
Lugar / Dirección :						
Distribuidor <input type="checkbox"/> Institución <input type="checkbox"/> Proveedor <input type="checkbox"/> Nombre de la Empresa:						
COMPROMISO						
Con mi firma certifico haber participado en la reunión de seguridad; me comprometo a dar fiel cumplimiento a su contenido, siendo de mi exclusiva responsabilidad las consecuencias por infringir las Normas de Seguridad y/o recomendaciones expuestas.						
No	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	POSICIÓN/ ÁREA	FIRMA	CORREO	TELEFONO
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						

Observaciones

Firma del Instructor / Capacitador / Entrenador

Nombre: _____
DNI: _____

Anexo 7.
Formato de Inspección

	ACTA INSPECCION TECNICA EQUIPOS POWER WAVE S500/PF2			
TIPO DE MAQUINA _____	SIGLA _____			
MARCA _____	MODELO _____			
SERIE _____	HOROMETRO _____			
INSPECCION VISUAL DETALLADA DEL EQUIPO				
DETALLE	BUENO (S)	MALO (S)	NO APLICA	COMENTARIO ADICIONAL
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
23				
24				
25				
26				
27				
OBSERVACION GENERAL DEL EQUIPO				
_____ _____ _____ _____				
NOMBRE : _____ DNI : _____ _____ FIRMA	CLIENTE NOMBRE : _____ DNI : _____ _____ FIRMA			

Anexo 8.

Cotización de servicios de terceros



Para : WELDERS PERU SAC
Srta. Milagros Urbina.
Cel : 943623685
Telf. : 465-5754
e-mail : milagros_urbina@lincolnelectric.com.pe

De : Pedro Toyama M.
Technical Manager

Fecha : 21/09/2019

SERVICIO TECNICO N° 09388-2019:

De la evaluación general realizada a sus equipos de soldar se determina que requieren de un mantenimiento correctivo y preventivo general. El siguiente es el detalle del servicio recomendado a realizar:

Modelo: V-350
Marca: LINCOLN ELECTRIC
N° serie: U1100308832
Code: 10874

Servicio:

- Cambio de tarjeta electrónica control PCB Lincoln Electric #S29945-7.
- Cambio de pines Molex de circuito fuente auxiliar.
- Reparación de circuito de protección snuber.
- Mantenimiento de bornes de salida panel hembra positivo y negativo.
- Reparación de circuito de alimentación primaria.
- Mantenimiento de las tarjetas electrónicas de potencia, remote, fuente y Poder.
- Remplazo de compuesto / grasa dieléctrica a todos los conectores eléctricos y electrónicos.
- Calibración y contraste de instrumentos (diferencia:11 Amperios).
- Test de balance de capacitores y PWM inversor.
- Revisión del cableado interno, conectores, terminales de salida y aislamiento eléctrico.
- Mantenimiento de motor ventilador Axial Lincoln Electric.
- Mantenimiento y limpieza general, reponer tornillos faltantes de tapas.
- Pruebas en banco de carga al 100% en todos los procesos.
- Test de especificaciones técnicas del fabricante.
- Protocolo de pruebas, Informe final de mantenimiento, certificado.

Costo Total del Servicio: USD. 1,472.00 + IGV
Tiempo de entrega : 4 días, previa orden.
Forma de pago : Factura 30 días.
Cta. Cte. BCP USD: 191-1447886-1-19
ELECTRONICA TOYAMA SAC
RUC: 20508740281

COSTO DE EVALUACION SIN SERVICIO: \$ 40.00 + IGV

AV. VICTOR SARRIÁ 1178 LIMA1 , TEL: 564-5881 564-9153
e-mail: servicio@electronicatoyama.pe
www.electronicatoyama.pe



Mode: FLEXTEC 450
Marca: LINCOLN ELECTRIC
N° Serie: U1131010518
Code: 12038

Servicio:

- Mantenimiento de tarjeta electrónica.
- Calibración y contraste de instrumentos (corriente y voltaje).
- Test de balance de capacitores y PWM inversor.
- Revisión del circuito de cambio de voltaje de potencia y control.
- Mantenimiento del sistema de ventilación.
- Revisión del cableado interno, conectores, terminales de salida y aislamiento eléctrico.
- Mantenimiento y limpieza general.
- Pruebas en banco de carga al 100% en todos los procesos.
- Test de especificaciones técnicas del fabricante.
- Protocolo de pruebas, Informe final de mantenimiento.

Costo Total del Servicio: USD. 120.00 + IGV.

Tiempo de entrega : 4 días, previa orden.

Forma de pago : Factura 30 días.

Cta. Cte. BCP USD: 191-1447886-1-19

ELECTRONICA TOYAMA SAC

RUC: 20508740281

COSTO DE EVALUACION SIN SERVICIO: \$ 40.00 + IGV

Atentamente,

PEDRO TOYAMA M.
Technical Manager
VENTAS & SERVICIO TECNICO AUTORIZADO



AV. VICTOR SARRIÁ 1178 LIMA1 , TEL: 564-5881 564-9153

e-mail: servicio@electronicotoyama.pe

www.electronicotoyama.pe