UNIVERSIDAD NACIONAL

"PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Gestión de mantenimiento basado en metodología tpm para incrementar la productividad en la empresa Cerinsa e.i.r.l. Chiclayo. 2019"

Autor:

Pérez Vásquez, Elmer

Asesor:

Méndez Cruz, Oscar

LAMBAYEQUE -PERÚ
2019

UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Gestión de mantenimiento basado en metodología tpm para incrementar la productividad en la empresa Cerinsa e.i.r.l. Chiclayo. 2019”

Autor:

Pérez Vásquez, Elmer

Aprobado por el jurado Examinador:

PRESIDENTE : DR. SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS ……..

SECRETARIO : MSC.DAVILA HURTADO FREDY ……

MIEMBRO : ING. TAPIA ASENJO ROBINSON ……

ASESOR : ING. MÉNDEZ CRUZ OSCAR ……

LAMBAYEQUE – PERU
2019

UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TESIS

TITULO:

“Gestión de mantenimiento basado en metodología tpm para incrementar la productividad en la empresa Cerinsa e.i.r.l. Chiclayo. 2019”

CONTENIDOS

Capítulo I : Problema de la Investigación

Capítulo II : Marco Teórico.

Capítulo III : Marco Metodológico.

Capítulo IV : Análisis e interpretación de los resultados.

Capítulo V : Conclusiones y Recomendaciones.

Capítulo VI : Referencias Bibliográficas

Anexos.

Autor: Bach. Pérez Vásquez, Elmer

_____	_____
DR. SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS	**MSC. DAVILA HURTADO FREDY**
PRESIDENTE	**SECRETARIO**
_____	_____
ING. PUYEN MATEO NÉSTOR DANIEL	**ING. TAPIA ASENJO ROBINSON**
MIEMBRO	**ASESOR**

LAMBAYEQUE – PERÚ
2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a dios, por haberme dado la vida y salud para lograr mis objetivos, además de su infinito amor y bondad, permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Carmela Vásquez Vásquez y José heli Pérez vallejos, por el inmenso amor y cariño incondicional, por sus sabios consejos, valores, apoyo moral y intelectual y su estimulación constante que me han permitido ser una persona de bien, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento porque hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños.

A mis queridos abuelos: Nélida Vásquez Díaz y Exequiel Vásquez Rojas, a quien admiro por su noble corazón; por sus consejos, apoyo y amor incondicional.

A mis queridos hermanos Edilberto, Fernando y Janeth por el apoyo y cariño que siempre me brindaron en el transcurso de cada año de mi carrera profesional.

Por ultimo dedico este proyecto a cada una de las personas que de alguna u otra forma me apoyaron con sus estímulos, a todos ustedes mi sincero y extenso agradecimiento, pues me escucharon y utilizaron las palabras adecuadas en momentos en que necesitaba oír frases de aliento ante uno u otro obstáculo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a dios quien me dio la vida y la que llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor nos ha dado la sabiduría suficiente para culminar nuestra carrera universitaria; así mismo expresar nuestro más sincero agradecimiento, y cariño a nuestros padres por todo el esfuerzo que hicieron para darnos una profesión y hacer de nosotras personas de bien.

También queremos agradecer a todas aquellas personas del entorno académico que han apoyado incondicionalmente en el desarrollo del presente proyecto de investigación. Así como también a la empresa cerinsa E.I.R.L; por abrirnos las puertas y permitirnos el uso de sus instalaciones para realizar el presente trabajo de investigación.

A nuestro asesor el ing. Oscar Méndez cruz, por su valiosa asesoría, apoyo, paciencia y consejo.

Así como también a nuestros jurados Dr. Aníbal Salazar Mendoza, ing.M.SC. Fredy Dávila Hurtado, Ing. Robinsón tapia ajenjo por el tiempo dedicado a la revisión del presente trabajo y por las sugerencias aportadas para el perfeccionamiento de esta investigación.

“Ahora se puede decir que todo lo que somos es gracias a todos ustedes”

RESUMEN

A nivel mundial, entre todos los sistemas organizativos, dos han conseguido la difusión suficiente y la estimación científica y técnica como para poder convertirse en referencia, el TPM y el RCM. Por ello el presente trabajo se abocó a diseñar un programa de gestión de mantenimiento basado en Tpm para incrementar la productividad en la empresa CERINSA E.I.R.L. Chiclayo. 2019.

La investigación fue no experimental, descriptiva, la muestra estuvo constituida por las 8 máquinas que estarían afectando la producción. Los resultados obtenidos con la propuesta de implementación del TPM, permiten concluir que en promedio, el valor del indicador de disponibilidad sin aplicar el mantenimiento de todos los equipos es de 85.35% y al aplicar el mantenimiento preventivo, con las supervisiones correspondientes, es de 93.69% es decir un incremento de 8.3%, que es significativo, debido a que es proporcional al tiempo de funcionamiento de los equipos, con lo cual se garantiza la productividad.

La evaluación económica permitió obtener un valor actual neto de 1872.96, una tasa interna de retorno de 78% mensual, indicadores que hace factible la ejecución del proyecto.

Palabras clave: Gestión de mantenimiento, TPM, productividad.

ABSTRACT

Globally, among all organizational systems, two have achieved sufficient dissemination and scientific and technical estimation to become a reference, the TPM and the RCM. Therefore, this work focused on designing a maintenance management program based on Tpm to increase productivity in the company CERINSA E.I.R.L. Chiclayo 2019.

The research was non-experimental, descriptive, the sample consisted of the 8 machines that would be affecting production. The results obtained with the proposed implementation of the TPM, allow to conclude that on average, the value of the availability indicator without applying maintenance of all equipment is 85.35% and when applying preventive maintenance, with the corresponding supervisions, is 93.69 % that is an increase of 8.3%, which is significant, because it is proportional to the operating time of the equipment, which guarantees productivity.

The economic evaluation allowed to obtain a net present value of 1872.96, an internal rate of return of 78% monthly, indicators that make the execution of the project feasible.

Keywords: Maintenance management, TPM, productivity.

INTRODUCCIÓN

CERINSA-CASTISOL forma parte del Grupo Solórzano, con 20 años de experiencia en la industria metal-mecánica, especialistas en la fabricación de estructuras metálicas acorde con el diseño requerido, entre lo más destacable tenemos tableros eléctricos, cajas portamedidor, bancos de medidores y ferretería eléctrica en general; asimismo, servicio de corte, doblez y rolado de planchas metálicas, soldadura en general, torno, prensa y pintura industrial (liquida y electrostática). En la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., existe un mantenimiento global a todas las máquinas los días sábados de 1 pm a 3 pm.

Así mismo durante la jornada laboral se hacen labores de limpieza, lubricación o verificaciones de aquellas máquinas industriales que necesiten de una parada dentro del proceso productivo, para su mantenimiento planificado.

También, existen paradas que no están planificadas, las cuáles ocasionan un mayor tiempo de paradas (de las cuales la industria metálica tiene cierta noción sobre ellas pero son desapercibidas porque están siendo consideradas poco a poco dentro del proceso productivo, lo cual es un error).

Para solucionar dicha problemática se planteó gestionar el mantenimiento basado en metodología tpm para incrementar la productividad en la empresa. Finalmente se hizo un análisis costo beneficio para verificar la viabilidad de la propuesta.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad problemática**……..……9**

1.2. Formulación del problema **……..……15**

1.3. Delimitación de la investigación**……..……15**

1.4. Justificación e importancia**……..……15**

1.5. Limitaciones de la investigación**……..……16**

1.6. Objetivos de la investigación**……..……16**

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio**……..……..18**

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado**……..…22**

2.3. Definiciones conceptuales**……..……30**

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación**……..……33**

3.2. Población y muestra**……..……33**

3.3. Formulación de la hipótesis**……..……..……34**

3.4. Variables – Operacionalización**……..……34**

3.5. Métodos y técnicas de investigación**……..……36**

3.6. Técnicas de Investigación**……..……37**

3.7. Descripción de los instrumentos utilizados**……..……..……37**

3.8. Análisis estadístico e interpretación de datos**……..……37**

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Objetivo N°1**……..……...……40**

4.1. Diagnóstico de la situación actual de los equipos electromecánicos**……..…41**

Objetivo N°2**……..……54**

4.2. Determinar el valor de los indicadores de mantenimiento actual **……..……55**

Objetivo N°3**……..66**

4.3. Proponer un plan de mantenimiento preventivo **……..……67**

Objetivo N°4**……..……72**

4.4. Determinar la disponibilidad de los equipos electrónicos de la empresa**…...73**

Objetivo N°5**……..……76**

4.5. Realizar una evaluación económica para determinar la rentabilidad del proyecto **……..……..77**

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones**……..……..86**

5.2. Recomendaciones**……..…87**

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……..……...88-89

ANEXOS……90-98

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial, entre todos los sistemas organizativos, dos han conseguido la difusión suficiente y la estimación científica y técnica como para poder convertirse en referencia, el TPM y el RCM.

El mantenimiento productivo total (TPM), así como sus múltiples variaciones desarrolladas en los últimos veinte años, es una de las opciones organizativas más usadas en la industria, y aparte de su componente fundamental técnico, es preciso el estudio de cómo se gestiona y transmite el conocimiento del TPM (Cárcel, 2016).

El TPM es un modelo cuyo planteamiento opera sobre la gestión de los activos físicos, y que entiende como básica la implicación del operario como responsable de la calidad del producto y la fiabilidad operativa.

El TPM tiene tres significados diferentes, el primero es la búsqueda de la eficacia económica, el segundo es la prevención del mantenimiento a través del “diseño orientado al mantenimiento” y el tercero es la participación total de los trabajadores mediante el mantenimiento autónomo. Sin embargo, aún sigue siendo poco aplicado por la industria española (Sánchez, 2016).

Suele afirmarse que el TPM es un sistema que orienta los problemas y sus soluciones de abajo (grupos autónomos) a arriba (Cárcel, 2016). Sin embargo, el análisis de la encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España del 2015; reporta que la gran mayoría de las empresas consideran el mantenimiento una parte fundamental para el funcionamiento de la empresa; en cuanto a los trabajos de mantenimiento, predominan los de carácter correctivo, y es un punto donde todavía existe un amplio margen de mejora; el grado de informatización de las áreas relacionadas con el mantenimiento es aceptable aunque todavía se espera una gran evolución en este ámbito del mantenimiento (Sánchez, 2016, pág. 75).

Así mismo, la inclusión de estrategias de mantenimiento en las empresas españolas es todavía muy baja, la estrategia más común es el TPM, implantado en la cuarta parte de las empresas españolas; en cuanto a la formación que las empresas ofrecen al personal de mantenimiento, se destaca un retroceso notorio con respecto a años anteriores.

Por otro lado, los responsables de mantenimiento, cada vez asisten menos a jornadas o cursos relacionados con el mantenimiento y la responsabilidad recae desde los responsables hasta los operarios, posiblemente esto se deba a la gran carga de trabajo que soporta este departamento. (Sánchez, 2016, pág. 75).

En nuestro país, Rivera (2011) indica que cuando se refiere a los problemas de mantenimiento en la industria del país, los altos niveles de la industria pequeña y mediana consideran que tienen resueltos sus problemas de mantenimiento con el sólo empleo de artesanos. Es ignorada la existencia del sistema Equipo/Satisfactorios, por lo que sólo se atiende el arreglo de la máquina y se descuida la atención a la calidad adecuada del satisfactorio, según la razón de ser de la demanda del mercado.

No hay planeación estratégica ni planificación para la preservación y mantenimiento de los recursos físicos de la empresa; por lo general las órdenes de trabajo son elaboradas por el personal de producción y se le llama erróneamente programa de mantenimiento.

Por otro lado indica que el personal docente encargado de la enseñanza de mantenimiento en las escuelas técnicas y universidades, no considera que desde 1950 (Tercera Revolución Industrial) se presentó un cambio en la filosofía del mantenimiento, que permitió obtener una alta productividad y calidad en la industria moderna.

Más del 90% de las universidades, institutos tecnológicos y escuelas técnicas de nuestro país, consideran la asignatura de Mantenimiento Industrial como optativa, por lo que la mayor parte de los egresados no le da importancia a estos temas. Es por ello que los planes de educación tecnológica en el Perú se deben mejorar de

inmediato con la finalidad de evitar entregar al cliente productos o servicios sin calidad (Rivera, 2011).

La empresa CERINSA dedicada al rubro de metal mecánica, no es ajena a dicha realidad, se ha diagnosticado que las máquinas presentaron paros no planificados, producto del desgaste, averías, por incorrecto montaje, rotura de algunas piezas y otros; lo anterior estaría interrumpiendo el flujo del proceso productivo; así mismo, se ha detectado que el bajo rendimiento y disponibilidad de las máquinas estaría asociado a la mala operación de los colaboradores, retrasando la entrega de los pedidos.

Análisis de causa efecto

Para el análisis de causa-efecto, se formó un grupo de trabajo y análisis, luego se planteó el problema de manera específica; para la identificación de las posibles causas del problema, se solicitó al equipo realizar una lluvia de ideas. Luego del análisis se agruparon las causas y se categorizaron, determinándose que las causas que han originado que las máquinas vitales no funcionen apropiadamente, y en consecuencia estén afectando la productividad serían las siguientes:

a) **Métodos y procedimientos**

Instalación original:

- La instalación original careció de planificación, procedimientos y métodos ya comprobados.
- Mala instalación con muy baja operatividad.

Métodos:

- Falta de un sistema de gestión, asignación y seguimiento de trabajos (tickets de trabajos) para personal técnico.
- No existe métodos apropiados y estándares de trabajo para el soporte preventivo y/o correctivo de las máquinas.
- No existe métodos apropiados y estándares de supervisión.

Procedimientos:

- No existe procedimientos apropiados y estándares de trabajo para el mantenimiento.
- Falta de Información del fabricante para realizar los procedimientos.

b) Partes y repuestos

Stock:

- Falta de un registro y control de inventarios de los repuestos y partes utilizados para la funcionalidad de las máquinas.
- Falta un plan y/o programa de compras y reposición de stock.
- Falta de elaboración de un presupuesto anual para las compras de partes y repuestos.

Funcionalidad:

- Baja funcionalidad y/o confiabilidad de los repuestos (Bajo tiempo de vida).

Tiempo de entrega:

- Muy altos tiempos de entrega de las partes y repuestos por parte del proveedor.

Obsolescencia:

- El proveedor ha puesto en obsolescencia la mayoría de los repuestos y no ofrecen otras alternativas.

c) Personal

Supervisores:

- Falta de supervisores que cubran todos los turnos y todos los días.
- Falta mayor frecuencia de inspecciones en línea de parte de la supervisión**.**

Técnicos:

- Falta personal técnico, que cubran todos los turnos y todos los días, sobre todo porque el soporte de las máquinas demanda muchas horas de personal técnico.
- Falta de capacitación y entrenamiento al personal técnico, para lograr un grupo homogéneo de técnicos.
- Falta de confianza en la funcionalidad de las máquinas, por ello falta interés para dar prioridad y solución al sistema de máquinas.

Operadores

- Falta capacitación a los operadores de las máquinas para que contribuyan en el soporte y funcionamiento de los mismos.

d) Equipos y herramientas

Maletín de herramientas

- Falta de maletines de herramientas, con herramientas idóneas para cada técnico, para un mejor y adecuado soporte de las máquinas.

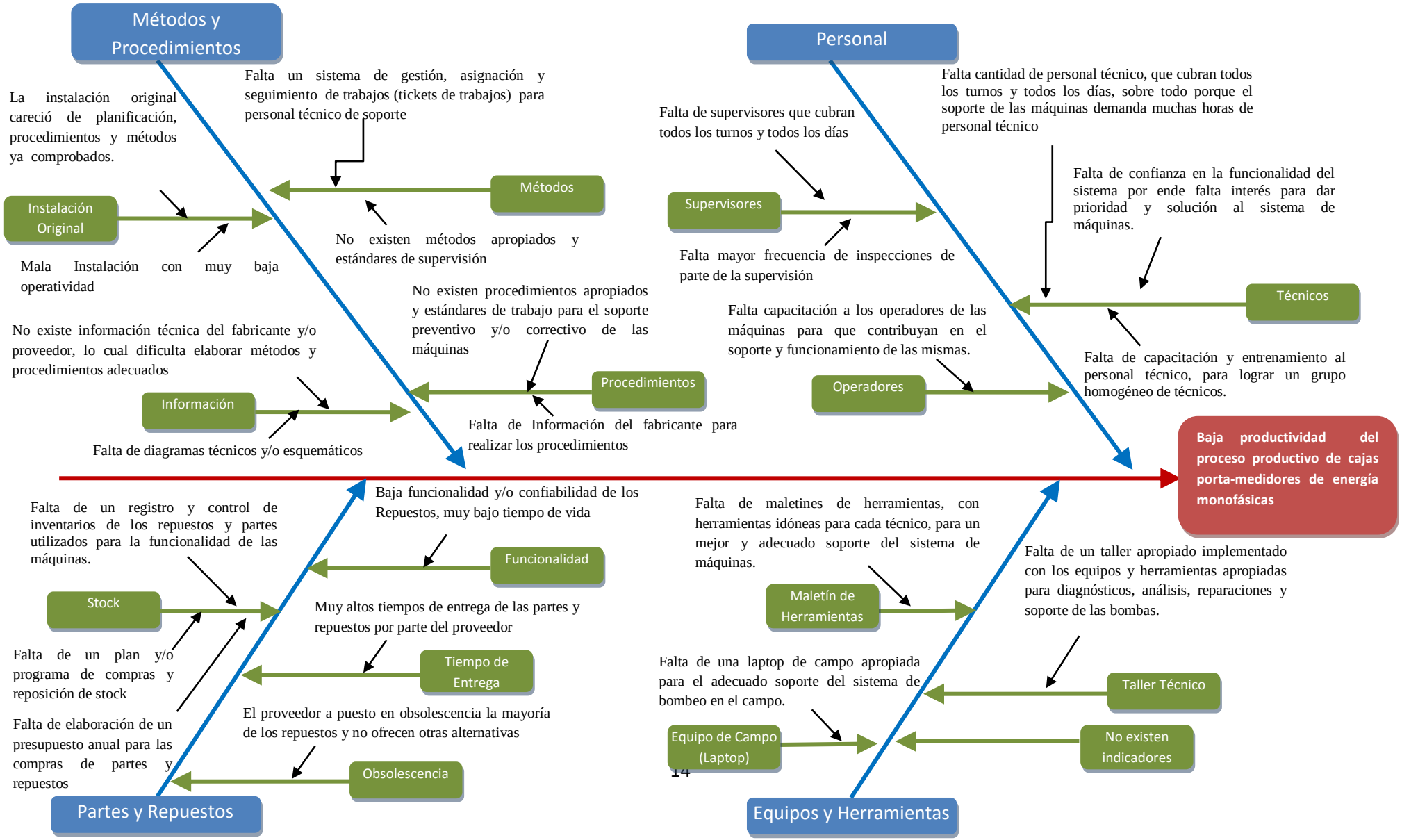
Taller técnico

- Falta de un taller adecuado e implementado con los equipos, instrumentos y herramientas apropiadas para el diagnóstico, análisis, reparación y soporte de las máquinas.

Equipo de Campo (Laptop):

- Falta de una laptop, sumamente necesaria para el adecuado soporte del sistema de máquinas en el área de trabajo.

Figura 1. **Diagrama de Ishikawa**



1.2. Formulación del problema

¿Cómo la aplicación de gestión de mantenimiento basado en TPM incrementará la productividad en la empresa CERINSA E.I.R.L. Chiclayo. 2019?

1.3. Delimitación de la investigación

La presente investigación está orientada a gestionar el mantenimiento utilizando la metodología TPM para incrementar la productividad en la empresa CERINSA E.I.R.L. Chiclayo. 2019.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

Técnica.

La investigación tiene relevancia tecnológica, porque un programa de gestión de mantenimiento basado en tpm para incrementar la productividad, requerirá de tecnología de punta para su implementación y en consecuencia redundará en beneficio la productividad de la empresa.

Económica

La investigación tiene importancia económica, porque el funcionamiento óptimo de las máquinas, permitirá incrementar la productividad y como consecuencia mayor producción de cajas porta medidor que redundará en la rentabilidad de la empresa.

Social

La investigación tiene relevancia social, porque el incremento de la productividad generará mayores ingresos a los colaboradores y mejora de la calidad de vida de los colaboradores.

Ambiental.

Desde el punto de vista ambiental es conveniente porque al mantener operativas las máquinas, se evitara la quema de combustibles de manera directa o indirecta en exceso y en consecuencia una disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, mitigando el impacto ambiental de dichos gases en el área de influencia; además es importante resaltar que cuando se utiliza tpm, se optimiza los repuestos generando menos residuos favoreciendo al medio ambiente.

1.5. Limitaciones de la investigación

La principal limitación fue la ubicación de la empresa y el horario de la empresa para levantar información.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Proponer un programa de gestión de mantenimiento basado en Tpm para la empresa CERINSA E.I.R.L. Chiclayo. 2019**.**

1.6.2. Objetivos específicos

- ✓ Realizar un diagnóstico de la situación actual de los equipos electromecánicos de la Empresa CERINSA E.I.R.L. Chiclayo. 2019.
- ✓ Determinar el valor de los indicadores de mantenimiento actual: disponibilidad y confiabilidad de los equipos electromecánicos.
- ✓ Proponer un plan de mantenimiento preventivo, el cual incluya las acciones de mantenimiento, capacitación, organización y control del mantenimiento.
- ✓ Determinar la disponibilidad de los equipos electromecánicos de la Empresa CERINSA E.I.R.L. con la propuesta de mantenimiento preventivo.
- ✓ Realizar una evaluación económica para determinar la rentabilidad del proyecto

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

A nivel internacional

Cárcel (2016) en su trabajo **características de los sistemas tpm y rcm en la ingeniería del mantenimiento**, indica que:

El mantenimiento productivo total (TPM), así como sus múltiples variaciones desarrolladas en los últimos veinte años, es una de las opciones organizativas más usadas en la industria, y aparte de su componente fundamental técnico, es preciso el estudio de cómo se gestiona y transmite el conocimiento de esta opción. El TPM es un modelo cuyo planteamiento opera sobre la gestión de los activos físicos, y que entiende como básica la implicación del operario como responsable de la calidad del producto y la fiabilidad operativa.

El TPM tiene tres significados diferentes: búsqueda de la eficacia económica, prevención del mantenimiento a través del "diseño orientado al mantenimiento" y participación total de los trabajadores mediante el mantenimiento autónomo. Sin embargo, aún sigue siendo poco aplicado por la industria española. Suele afirmarse que el TPM orienta los problemas y sus soluciones de abajo (grupos autónomos) a arriba.

Concluye que Las estrategias globales de mantenimiento son normalmente utilizadas por grandes empresas, siendo su barrera fundamental la propia disciplina empresarial que debe ser mantenida de manera continua, la dotación de medios en sus comienzos en grande y debe estar involucrada toda la organización.

Ardila et al., (2016) en su trabajo **la gerencia del mantenimiento: una revisión**, reporta que:

Afirman que a objeto de que un modelo gerencial de mantenimiento sea compatible con las iniciativas de mejora organizacionales existentes es imprescindible que él mismo considere e incluya diversos elementos de tales iniciativas, y destacan según su clasificación, para las personas, la Gerencia del Cambio (Change Management – CM), el HRA, y la Ergonomía; para los procesos, TPM, TQM y Mantenimiento. Concluyen que la sostenibilidad y su axioma inherente de uso prudente de nuestros

recursos restantes como la restricción dominante van a determinar el futuro papel de la investigación y la gestión de las operaciones.

Los desarrollos social y tecnológico causan la necesidad y dan la posibilidad para la evolución de los modelos gerenciales de mantenimiento, y de los modelos gerenciales en general, de los cuales debe aprovechar, la función mantenimiento, aquellas metodologías y técnicas que, dependiendo de la organización, mejor apliquen a incrementar la eficacia y eficiencia en la prestación del servicio que la define.

Un problema que se ha evidenciado en el entorno local está relacionado con el hecho arriba mencionado de que la industria suele delegar la responsabilidad gerencial de su función mantenimiento en ingenieros técnicos (mecánicos, eléctricos, instrumentales, civiles…) dependiendo de la infraestructura y los procesos que caracterizan cada organización, el problema es que la formación técnica excluye, en sus perfiles, el conocimiento administrativo que les permitiría aprovechar esas herramientas que brindan los modelos gerenciales hace tanto tiempo y en constante evolución y que de alguna manera operan en cada organización y deben conversar gerencialmente con la función mantenimiento, pero que son desconocidas por sus actuales gerentes.

Estudios como el acá reportado, y como los referenciados, deben seguir realizándose y divulgándose, promoviendo el contacto y la interdisciplinariedad de facultades de ciencias de la organización y facultades de ingenierías.

A nivel nacional

Fernández (2018) en su tesis **aplicación de tpm para la reducción de costos de mantenimiento de los motores de propulsión de las patrulleras marítimas de la marina de guerra del Perú, 2018** indica que:

Con la aplicación del TPM se logró realizar la reducción de costos de mantenimiento en un 63% anual respecto a los costos de mantenimiento que se realizan anualmente a los motores de propulsión de las patrulleras marítimas de la marina de guerra del Perú, estos datos también traen consigo, dos consecuencias positivas más para los equipos, que la disponibilidad de maquina en la pre prueba pasa de

60.87% a un ascenso del 83.68%, es decir se presentó una mejora de 37,6% de disponibilidad de máquinas, así mismo la mantenibilidad en la pre prueba desciende a 11.36 a un 4.48, es decir se presentó una reducción en 6.88.

Con la aplicación del TPM, se pudo reducir los costos de intervención en un 14% a los motores de propulsión de las patrulleras marítimas de la marina de guerra del Perú, demostrando los índices de reducción de s/ 303,340 a s/ 231,455. Con la aplicación del TPM, se pudo reducir los costos de fallas en un 32% a los motores de propulsión de las patrulleras marítimas de la marina de guerra del Perú, demostrando los índices de reducción de s/ 328,455 a s/ 169,88.

López (2018) en su tesis **Implementación del TPM para mejorar la calidad de servicio en equipos de aire acondicionado, brindado por la empresa Corporación metal frio del Perú SAC, Comas, 2018**, reporta que:

Con la implementación de la metodología del mantenimiento productivo total se ha mejorado la variable calidad de servicio, del mismo modo como se mejoró la variable de calidad de servicio, los equipos de aire acondicionado redujeron su promedio de fallas de operación; también se mejoraron los tiempos operativos de los equipos de aire acondicionado; se mejoró la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado dentro de la planta PBF ventanilla.

La confiabilidad en los equipos de aire acondicionado también mejoro gracias a la implementación de la metodología del TPM. Concluye que la calidad de servicio brindada por la empresa Corporación Metal Frio Del Perú SAC, Mejora gracias a la implementación del TPM de un promedio anterior de 0.69 a 1.00, es decir se da una mejora de un 31. El rendimiento de calidad también obtuvo mejoras, el promedio anterior era de: 0.76, y aplicando la mejora obtenemos: 1.00, es decir se obtiene una mejora porcentual de 24%.

Seminario (2017) en su **tesis implementación del mantenimiento productivo total (tpm) para incrementar la eficiencia de las máquinas CNC de una empresa metal mecánica Lima - Perú 2017** indica que:

La implementación del Mantenimiento Productivo Total, en sus 02 primeras fases (Desarrollo y Aplicación), en la Empresa Metal Mecánica, lo cual resultó en el

incremento en los niveles de la Eficiencia Global de los Equipos (OEE); los cuales mostraron en la post-prueba un resultado del nivel del OEE en un 46.32%, para posteriormente a la implementación del TPM, durante 20 semanas de evaluación, alcanzar un nivel de la media OEE de 66.24% (ver tabla 25).

“El resultado obtenido para la eficiencia global será un porcentaje, que, con anterioridad a la introducción de mejoras, deberá determinarse, para poder conocer cual es el punto de partida del equipo cuya eficiencia quiere mejorarse, y cómo se va obteniendo la progresión de la eficiencia a medida que se implantan las mejoras”.

Se determinó que El Mantenimiento Productivo Total incrementa la Disponibilidad de las máquinas CNC, ya que a través del desarrollo del Mantenimiento Autónomo por parte de los operadores, una vez capacitados en estas tareas de auto mantenimiento y control de sus propios equipos, lograron la disminución de los tiempos perdidos por conceptos de fallos y averías que estaban presentes en plenos procesos productivos.

Tal es así que el nivel de la media de la Disponibilidad presente en la post-prueba se encuentra en un 72,40%, mientras que después de implementado el TPM, el valor de la media de la Disponibilidad se acrecienta en un 81,97% (ver tabla 26). “El coeficiente de disponibilidad tiene en cuenta las pérdidas por averías, las pérdidas de preparación y ajustes y otras pérdidas por paradas. Se determinó que el Mantenimiento Productivo Total incrementa la Efectividad de las máquinas CNC, como consecuencia de la capacitación del personal en la operativa de la máquina, y mejora de los parámetros de trabajo.

Los valores iniciales de la media de la Efectividad era de 73.26% y después de implementado el TPM, la media de la Efectividad tiende a un nivel de 86%. El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa los niveles de Calidad de las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica, como resultado del mantenimiento preventivo de las máquinas y la consecuente recuperación de los estados de referencia iniciales de los equipos por el alineamiento de guías, husillos y otros.

A nivel local

Sandoval (2017) en su tesis **aplicación de tpm en el proceso de transportador de caja para mejorar la productividad de la línea 1 en la planta Backus y Johnson, Lambayeque** - Motupe 2017 indica que:

La productividad de la compañía Backus y Johnson, se acrecentó por medio de la aplicación del TPM de un 0.4104 a 0.5405, es decir un 32% de mejora. Con una significancia bilateral pequeña a 0,05 (0) y con un nivel de confianza del 95%.

Se calculó el uso de recursos diario durante 53 días, en donde los mantenimientos están fijados en un cierto tiempo, asumiendo como causa importante el número de horas efectivas en los mantenimientos efectuados aplicando nuevo método de trabajo, se acrecentó consiguiendo que la eficiencia ascendió de 0.4494 a 0.5720, es decir un 27% de mejora. Con una significancia bilateral pequeña a 0,05 (0) y con un nivel de confianza del 95%. El cumplimiento de metas acrecentó de 0.9209 a 0.9438, es decir un 2% de mejora. Con una significancia bilateral pequeña a 0,05 (0) y con un nivel de confianza del 95%.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado

2.2.1. Teorías relacionadas al tema

Mantenimiento productivo total

Según Sacristán (2001, p.59), definió que el TPM tiene como labor principal: cuidar y aprovechar los sistemas y técnicas básicos productivos, conservarlos en su “estado de referencia” y adaptando sobre ellos la mejora continua. Asimismo, explica que el TPM admite el reto de cero fallos, cero incidencias y cero desperfectos para aumentar la efectividad de un procesamiento productivo accediendo a disminuir costes y stocks en espera y finales, con lo que la productividad mejora.

Por otro lado, Cuatrecasas y Torrel (2010, p33), deduce que el mantenimiento productivo total es una filosofía que funciona en las plantas que se crea en torno al mantenimiento, pero que predomina otros aspectos como son: colaboración de todo empleado de la planta, efectividad total, sistemas totales de gestión del sostenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección, y la previsión.

Según Gonzales (2005), define el TPM es un método de gestión de mantenimiento que se fundamenta, entre otras bases de datos, en establecer el sostenimiento autónomo, que es realizado a cabo por los propios operarios de producción, lo que implica la corresponsabilizarían activa de todos los colaboradores, sobre todo de los técnicos operarios de la planta (pp106-107).

Según Suzuki (1992), examina que "a través del TPM, una planta sucia, envuelta de aceite y grasa, oxido, con pérdidas de lubricantes y oxidación a través de polvo, se puede cambiar a un lugar de trabajo interesante y seguro".

Suzuki examina la transformación del estado de la planta. Sin embargo, para lograr la modificación de las particularidades físicas de la planta, es imprescindible una reforma en la forma de comprender el trabajo en los niveles operativos y el liderazgo de la dirección (p.6).

Según Nakajina (1991) menciona que el proceso TPM fomenta a construir competencia competitiva desde las empresas gracias a su aportación al mejoramiento de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, rebaja de costes operativos y protección del “entendimiento” industrial (p11).

Dimensiones del TPM

- ✓ **Mantenimiento preventivo**

Sacristán (2001) indica que radica en un grupo de procedimientos que se ejecutan sobre los establecimientos, maquinaria y equipamiento de elaboración antes de que se haya presentado un fallo, y su objetivo es eludir que se fabrique dicho fallo o avería en plena marcha de la producción o del servicio que presta.

Este tipo de sostenimiento incluye intervenciones de inspección y de control planificadas de forma sistemática, así como operaciones de cambio cíclico de piezas, o restauración y reparación de elementos de manera planificada.

- ✓ **Mantenimiento correctivo**

Según García (2012) reporta que es probable tramitar adecuadamente una sección de sostenimiento si no se conforma un sistema que admita atender las necesidades

de mantenimiento correctivo (la reparación de averías) de forma eficaz. De poco apoyan nuestro afán para convertir de eludir averías si, cuando estas se originan, no somos competentes de facilitar una réplica apropiado.

Estrategia fundamental del TPM

Gómez (2016) indica que el TPM es una táctica compuesta por un conjunto de medios organizados que una vez establecidos ayudan a incrementar la competitividad de una organización industrial o de servicios.

Se examina como táctica, ya que ayuda a imaginar capacidades competitivas a través de la supresión rigurosa y sistemática de las imperfecciones de los sistemas operativos.

El TPM admite distinguir una estructura en vinculo a su competencia debido al choque en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de abastecimiento, el entendimiento que tienen las personas y la calidad de los productos y servicio (p.3).

Objetivo del TPM

Sacristán (2001) indica que la finalidad primordial del TPM es así la “la mejora continua” de la rentabilidad operacional de todos los procedimientos y sistemas de producción, sea su nivel de performances técnicos, a través de la dinámica de los grupos de fiabilización, evitando por la prevención las paradas y disminuir los tiempos de participación. Los objetivos son**:**

- ✓ Alcanzar la productividad operacional (RO) óptimo de los equipos de producción con la participación de todos, o lo que es lo mismo: cuidar y explotar los equipos con un sentido de máxima disponibilidad de los mismos.
- ✓ Mejora la fiabilidad y disponibilidad del equipamiento para descartar fallos eventuales o aleatorios y fallos crónicos, así como para cerciorar la calidad de los productos y mejorar la productividad.

- ✓ Tomar estadística a través de la experiencia adquirida en las actividades TPM que ayuden, tanto al utilizador como al responsable de adquirir nuevos equipos y a los constructores de lo mismo, mejorando diseños y haciendo puestas a punto más económicas desde el punto de vista del manteamiento total.
- ✓ Formar a agentes técnicos y operadores de líneas de fabricación para que conozcan las instalaciones (p.61).

Pilares del TPM

Sangüesa et al., (2006) indica que los cinco puntos introducidos a continuación representan los cinco pilares del proceso de implantación de un programa de TPM.

- ✓ Eliminación de los problemas fundamentales: en siete pasos se identifican los cuellos de botella de la producción y se eliminan progresivamente según su importancia. Este proceso se repite continuamente, siendo fundamental como parte de la mejora continua.
- ✓ Mantenimiento autónomo: estima que los propios colaboradores de producción asuman algunos de los trabajos de mantenimiento. Se imagina que el personal se encuentre comprometido con el equipamiento productivo y no solo de la producción. Es un cambio total en la mentalidad del personal.
- ✓ Sistema Planificado de Mantenimiento: vinculados a todas las actividades de mantenimiento que se necesitan para asegurar un desarrollo de producción firme. Usualmente los trabajadores de mantenimiento se encuentran dedicados a reparar los inconvenientes del día, luego que se originan en los equipos de producción que no poseen
- ✓ Tiempo disponible para realizar sus actividades planificadas. Con la implementación del TPM se busca disminuir la intensidad laboral de los encargados de mantenimiento, de manera que cuenten con más disponibilidad de tiempo para este tipo de actividades. Entre las actividades

definidas como planificadas, podemos mencionar, las auditorias, inspecciones, revisiones, etc.

- ✓ Prevención en mantenimiento: se debe considerar el mantenimiento al momento de planificar y hacer las compras para la producción. Los trabajadores del área de mantenimiento y producción tienen que estar comprometidos con el proceso de decisión en primera instancia para tener mayor conocimiento y prevenir posibles inconvenientes (p. 166).

Beneficios del TPM

Cuatrecasas y Torrel (2010) reportan que mejora la gestión de equipos productivos como:

- ✓ **Productividad de los equipos**: una de las primordiales peculiaridades del TPM es la disminución a cero de las averías en los equipos, los fallos y los accidentes. Esto implica un incremento excesivo del rendimiento y la calidad, disminución de los costos y perfecciona los beneficios.
- ✓ **Mejoras corporativas**: la puesta en práctica del TPM con la participación de todos los colaboradores es una clave para el éxito. Para ello, la dirección debe reafirmarse prontamente la cooperación de sus trabajadores en el proyecto TPM mediante agilidades de mejora en pequeños grupos que decretan la responsabilidad individual y el respeto reciproco en el grupo y en la organización en general.
- ✓ **Preparación del personal**: Se notifica a un personal con un grado de estudios eminente para aceptar mayores compromisos dentro de la organización. Es vital el afán de elevar los saberes y las capacidades de los trabajadores para que sean calificados de conservar y aumentar el equipo del que serán responsables.
- ✓ Transformación del puesto del trabajo: El progreso en la seguridad en el trabajo coopera a crear un entorno sano y afable; esta será un objetivo del

TPM. La gestión de la seguridad está sobreentendida en las finalidades del TPM: La tenacidad para conseguir el cero averías y cero imperfecciones evitar fallos que son fuente común de riesgos. A esto se suma el hecho de que el empleado que manipula los equipos está preparado y capacitado para descubrir y corregir anomalías en el instante en que se originan (p.39).

Implementación de un programa TPM

Cuatrecasas y Torrel (2010) indican que las etapas de la implantación de un programa TPM se lleva a cabo normalmente en cuatro fases claramente diferenciadas, con objetivos propios en cada una de ellas: la preparación, la introducción, la implantación y la estabilización. (p.194) (Tabla 1).

1. Fases del TPM

Fase	Etapa	Actividad de gestión
	1.- Decisión de aplicar el TPM en la empresa	La alta dirección informa que va a implantar un programa de TPM a través de reuniones internas, boletines de la empresa, etc.
	2.- Información sobre TPM	Campañas informativas para introducir el TPM
	3.- Estructura para la promoción del TPM	Formar comités especiales en cada nivel, para promover TPM. Crear una oficina de creación del TPM.
1.- Preparación	4.- Objetivos y políticas básicas del TPM.	Analizar la situación actual, fijar objetivos, prever resultados.
	5.- Plan maestro del desarrollo del TPM	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean para ellas
2.- Introducción	6.- Arranque formal del TPM	Con gran información e invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades relacionadas.
3.- Implantación	7.- Mejorar la efectividad del equipo	Seleccionar un (os) equipo (os) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para analizar.
	8.- Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo	Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada
	9.- Desarrollar un programa de mantenimiento planificado	Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y el predictivo.
	10.-Formación para elevar la capacidad de operación y mantenimiento	Entrenar a los líderes de cada grupo, que después enseñaran a los miembros del grupo correspondiente.
	11.- Gestión temprana de equipos	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad y mantenibilidad.
4.- Consolidación	12.- Consolidación del TPM y elevación de	Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua,

metas	que puede basarse en la aplicación del ciclo PDCA

Fuente: Cuatrecasas (2010).

2.2.2. Productividad

La productividad es la relación entre la producción de bienes, en el caso de una empresa manufacturera o ventas en la de los servicios, y las cantidades de recursos utilizados.

De esta manera, el concepto de productividad es igualmente aplicable a una empresa industrial o de servicios, a una industria o al agregado de la economía. Es decir, nos indica cuánto producto generan los recursos utilizados en una actividad económica.

Esta medida expresada como un índice permite ver cómo ha cambiado esa relación entre productos y recursos a través del tiempo, es decir, si se ha vuelto más eficiente o no la transformación de los recursos en el producto. (INEGI, 2003).

Según Lefcovich, 2009; los factores que restringen el aumento de la productividad son:

- ✓ Incapacidad de los dirigentes para fijar el entorno y crear el clima propicio para el mejoramiento de la productividad.
- ✓ Problema de los reglamentos gubernamentales.
- ✓ El tamaño y la madurez de las organizaciones tienen un efecto negativo sobre el aumento de la producción.
- ✓ La incapacidad para medir y evaluar la productividad de la fuerza de trabajo.
- ✓ Recursos físicos, los métodos mediante los cuales se presenta y se lleva a cabo el trabajo como los factores tecnológicos actúan en forma individual y combinada para restringir la productividad.

Indicadores de la productividad

Los indicadores de productividad son aquellos que nos ayudan a identificar alguna imperfección o defecto al momento de elaborar un producto u ofrecer un servicio,

para así reflejar la eficiencia en el uso de los recursos generales y humanos de la empresa (estos pueden ser cuantitativos y cualitativos).
La presente tesis se enfoca en las máquinas industriales, ante ello se han considerado aquellos indicadores que tengan una relación con las mismas:

- ✓ **Productividad de los materiales:** este indicador es necesario para medir el rendimiento de los recursos empleados de los que depende la producción. Por lo general, se considera sólo la materia prima (insumo principal) y algún otro insumo físico que interviene directamente en la producción del proceso productivo.

$$\text{Productividad} = \frac{producción - obtenida}{Insumo - empleado}$$

- ✓ **Productividad de la mano de obra:** significa producir más con el mismo número de mano de obra o bien producir la misma cantidad pero utilizando menor mano de obra, de modo que los recursos economizados puedan dedicarse a la producción de otros bienes. Se concibe como la relación existente entre la producción y el aporte correspondiente del trabajo a la misma.

$$\text{Productividad} - mano - de - obra = \frac{producción - obtenida}{Numero - horas - \text{hombre}}$$

- ✓ **Productividad de la energía:** aumento que se produce en la cantidad de energía cuando se incrementa el número de unidades producidas o cuando las máquinas utilizadas no están debidamente funcionando como debería esperarse en el proceso productivo.

$$\text{Productividad} - de - energía = \frac{producción - obtenida}{Cantidad - de - energía - empleada}$$

Las características principales de estos indicadores son:

- ✓ Se pueden utilizar para comparar la productividad de la misma industria (antes y después), y también con la de otros competidores, esto es para saber si en la industria se está realizando una buena administración de los recursos.
- ✓ Permiten al jefe de producción controlar el desempeño de la industria para detectar algún cambio en la productividad de la misma.
- ✓ Pueden usarse para comparar los beneficios relativos que pueden obtenerse con algún cambio en la utilización de los factores de producción. Ejemplo: utilización de diferente materia prima, la compra o arreglo de una máquina.

Finalmente, la productividad total se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Pr}\,oductivida\,d\,-\,Total\;=\sum Total\;-\,de\,-\,indicadore\,s\,-\,de\,-\;prductivid\,ad$$

Nota: Todos los indicadores de productividad deben estar por unidades monetarias.

2.3. Definiciones conceptuales

Actividades: Es el conjunto de acciones que se llevan a cabo para cumplir las metas de un programa o subprograma de operación.

AM – Asset Management (Gerencia de Activos): Estrategia que abarca las herramientas y metodologías que permiten la planeación sistemática y control de los activos físicos a lo largo de su vida.

Benchmarks (Referencia): Es un estándar de rendimiento de clase mundial relativo a una métrica de rendimiento especifica; representa y cuantifica las “mejores prácticas” de una operación o función específica dentro de la operación de acuerdo a la Métrica Rendimiento especifica.

Calidad: la máquina puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final. Los factores a considerar para el diagnóstico de la criticidad de las

máquinas son: factor de velocidad de manifestación de la falla y el factor de costos de la parada de producción.

Ciclo de Vida: Plazo de tiempo durante el cual un Ítem conserva su capacidad de utilización. El periodo va desde su compra hasta que es substituido o es objeto de restauración.

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado.

Disponibilidad: La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

Falla: Se dice que un producto/servicio o un proceso falla, cuando no lleva a cabo, de forma satisfactoria, la prestación que de él se espera (su función).

Mantenimiento: la máquina puede ser muy problemática, con averías caras y frecuentes, o bien con un coste medio en mantenimiento; o por último, un equipo con muy bajo coste, que no dé problemas. Los factores a considerar para el diagnóstico de la criticidad de las máquinas son: factor de velocidad de manifestación de la falla y el factor de costos de reparación.

Producción: cuando valoramos la influencia que una máquina tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo? Los factores a considerar para el diagnóstico de la criticidad de las máquinas son: factor de velocidad de manifestación de la falla y el factor de costos de la parada de producción.

Seguridad y ambiente: un fallo en la máquina puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo.

Es posible también que un fallo de la máquina pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad que eso ocurra pueda ser baja; o por último, puede ser una máquina que no tenga ninguna influencia en seguridad. El factor a considerar para el diagnóstico de la criticidad de las máquinas es: factor de seguridad del personal y ambiente.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

No Experimental

La presente investigación es no experimental, tomando en cuenta que se va realizar las mediciones a las variables, a través de la observación de los fenómenos tal como se presentan en la realidad, para su análisis posterior.

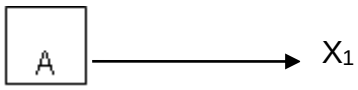
La presente investigación comienza con una búsqueda documentaria de las variables a estudiar y el análisis de las operaciones de mantenimiento, frecuencias de parada, tiempo de los equipos de la línea de producción de la Empresa CERINSA, tomando en cuenta la seguridad y la normatividad vigente.

Descriptiva

La investigación es descriptiva, debido a que se observa y se describe el problema tal como se presenta en forma natural sin la manipulación o intervención del investigador.

Estudio

Se aplicará el diseño de una sola casilla representado en el siguiente ideograma (Schmelkes y Elizondo, 2016; Tresierra, 2000).



Donde:

A = máquinas de la línea de producción

X_1 = Gestión del mantenimiento basado en TPM.

3.2. Población y muestra

La población estuvo constituida por las 29 máquinas de la línea de producción de la empresa CERINSA. Y la muestra estuvo constituida por las 8 máquinas que estarían afectando la producción, debido a que el resto son de reciente adquisición

3.3. Formulación de la hipótesis

Si se implementa un programa de gestión de mantenimiento basado en TPM se incrementará la productividad en la empresa CERINSA E.I.R.L. Chiclayo. 2019.

3.4. Variables - Operacionalización

Variable independiente:

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Variable dependiente:

Productividad de la empresa CERINSA

Tabla 2. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFICNICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM)	"Es un conjunto de procedimientos técnicos y actuaciones que garantizan que los equipos, instalaciones y la organización puedan desarrollar un trabajo previsto en un plan de producción en constante evolución de mejora continua" (Rey, 2001)	Es un conjunto de actividades que conllevan a mejorar la productividad y confiabilidad de los equipos electromecánicos de la empresa CERINSA E.I.R.L.	Confiabilidad	% Tiempo promedio entre fallas Tiempo promedio de reparación	Guía de observación Revisión Documentaria
			Disponibilidad	Tiempo Horas de máquina sin funcionar	
Variable Dependiente: Productividad	Es la combinación de la eficiencia y efectividad, ya que la efectividad está relacionada con el desempeño y la eficiencia con el uso de los recursos	Se analizará los parámetros de eficiencia y efectividad, midiendo tiempo de parada y operación de las máquinas	Eficiencia	%	Observación
			Eficacia	%	

3.5. Métodos y técnicas de investigación

3.5.1. Métodos de investigación

Análisis: Es un procedimiento mental mediante el cual un todo complejo se desglosa en sus diversas partes y cualidades. El análisis permitirá la división mental del todo en sus múltiples relaciones y componentes.

Síntesis: Establece mentalmente la unión entre las partes previamente analizadas y posibilita descubrir las relaciones esenciales y características generales entre ellas. La síntesis se produce sobre la base de los resultados obtenidos previamente en el análisis.

Abstracción: Mediante ella se destacará la propiedad o relación de las cosas y fenómeno tratando de descubrir el nexo esencial oculto e inasequible al conocimiento empírico.
Por medio de la abstracción el objeto será analizado en el pensamiento y descompuesto en conceptos, la formación de los mismos es el modo de lograr un nuevo conocimiento concreto.

Inductivo: Procedimiento mediante el cual a partir de hechos singulares se pasará a proposiciones generales, lo que desempeñará un papel fundamental en la formulación de la hipótesis.

Deductivo: Es un procedimiento que se apoya en las aseveraciones y generalizaciones a partir de las cuales se realizan demostraciones o inferencias particulares. Las inferencias deductivas constituirán una cadena de enunciados cada uno de los cuales será una premisa o conclusión que se sigue directamente según las leyes de la lógica.

3.6. Técnica de investigación

La observación

Según Hernández et al. (2010) refiere que el método de recolección de datos radica en la inspección sistemática, valido y confiable de conductas y condiciones contemplados, a través de un grupo de categorías y subcategorías.

3.7. Descripción de los instrumentos utilizados

Para Valderrama (2015) indica que los instrumentos son los métodos físicos que ejecuta el experto para agrupar y acumular la información. Pueden llegar a ser formularios, pruebas de entendimiento o escalas de actitudes, como Likert, semántico y de Guttman; también pueden ser listas de chequeo, inventarios, cuadernos de campo, fichas de datos para seguridad.

En nuestro caso haremos uso de la ficha de revisión documentaria y la ficha de observación anexos 01 y 02.

3.8. Análisis estadístico e interpretación de datos

Del Cid et al. (2007), establece cuales son los pasos que se deben de seguir para el procesamiento de la información recopilada:

Codificación de las respuestas: Del Cid et al. (2007), mencionan que la codificación de respuestas, consiste en la asignación de un número a una respuesta, el cual servirá para registrar la información recopilada de manera resumida para su posterior análisis. (p.122)

Vaciado de la información: Del Cid et al. (2007), sostiene que el vaciado de información consiste en hacer uso de las respuestas codificadas anteriormente, con el fin de construir una base de datos, que pueda tomar la forma de una tabla o matriz; la cual será utilizada para el cálculo de medidas mediante el uso de estadística descriptiva. (p.122)

Presentación de resultados: Del Cid et al. (2007), indica que la presentación de resultados consiste en hacer uso de la base de datos obtenida a partir del vaciado de datos, con la finalidad elaborar, ya sea tablas de frecuencia o gráficas de diversos tipos, donde se muestre de manera visual y sintética la información recopilada. (p.124)

Para propósitos del estudio, se hará uso de los programas Microsoft Excel 2017 e IBM SPSS Statistics 22, para la codificación, procesamiento y presentación de resultados obtenidos a través del instrumento de recolección de datos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Objetivo 1

Diagnóstico de la situación actual de los equipos electromecánicos de la Empresa CERINSA-CASTISOL.

4.1. Diagnóstico de la situación actual de los equipos electromecánicos de la Empresa CERINSA-CASTISOL.

4.1.1. La empresa

CERINSA-CASTISOL forma parte del Grupo Solórzano, con 20 años de experiencia en la industria metal-mecánica, especialistas en la fabricación de estructuras metálicas acorde con el diseño requerido, entre lo más destacable tenemos tableros eléctricos, cajas portamedidor, bancos de medidores y ferretería eléctrica en general; asimismo, servicio de corte, doblez y rolado de planchas metálicas, soldadura en general, torno, prensa y pintura industrial (liquida y electrostática).

La Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. está ubicada en la calle Mórrope N° 186 - José Leonardo Ortiz, iniciando sus labores en el año 2008 y siendo una empresa con producción de tipo intermitente (por lotes), dedicada a la fabricación de productos metálicos para uso estructural tales como cajas portamedidor de energía, tableros de distribución, moldes metálicos, entre otros.

Dentro de los mismos, la caja porta-medidor de energía es el producto de mayor demanda en la empresa, y para su proceso de producción la empresa utiliza como materia prima las planchas de acero inoxidable y emplea 29 máquinas entre industriales y manuales, distribuidas de la siguiente manera: 1 máquina cortadora, 2 máquinas guillotinas y 1 máquina plegadora (YSD) dispuestas en el área de servicio; 4 máquinas dobladores manuales en el área de doblado; 12 máquinas prensadoras de las cuales 1 es hidráulica, 2 son neumáticas y 9 son mecánicas ubicadas en el área de prensado; 9 máquinas de soldadura de las cuales 5 máquinas son de soldadura punto y 4 máquinas de soldadura Mig Mag (ambas manuales) en el área de soldadura; dichas máquinas son operadas de los 30 operarios de la planta por 17 operarios fijos que trabajan de lunes a viernes en horario partido de 5 horas en la mañana y 4 horas por la tarde, y los sábados 6 horas.

- ✓ **Misión**

Brindar productos y servicios con los más altos niveles de calidad, seguridad, cumplimiento y rentabilidad, para la plena satisfacción de sus clientes, en sus distintos campos de aplicación a la industria nacional.

- ✓ **Visión**

Ser la empresa líder en el norte del país, en el desarrollo de la industria metal-mecánica, basado en exigentes criterios de calidad e innovación, garantizando a sus clientes un servicio de excelencia.

4.1.2. Descripción del proceso productivo

4.1.2.1. Descripción del producto principal

La caja porta-medidor de energía monofásica (ver anexo 1), es un producto que permite la protección y sostén del medidor de energía monofásico, el cual es utilizado para las conexiones monofásicas, que alimentan potencias inferiores a 6Kw. Este tipo de conexión cuenta con dos cables de ingreso. (Distriluz, 2010).

Figura 2. Caja porta-medidor de energía monofásica de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. (Fuente: *Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. 2019).*

4.1.2.2. Descripción del Proceso productivo de las Cajas porta-medidores de energía monofásicas.

En la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., se realiza el siguiente proceso productivo para cada uno de los elementos de la caja porta-medidor de energía monofásica:

- ✓ **Cuerpo**

Llegan las planchas de acero a la fábrica, donde se obtienen por plancha 5 láminas para cuerpos, a lo que se le denomina habilitado en tiras de cuerpo. Estas tiras de acero se llevan a un tronzado de cuerpo a medida, luego se realiza simultáneamente el perforado de puesta tierra cuerpo, despunte para el alojamiento de bisagras, despunte de zigzag cuerpo, y el semicortado de cuerpo realizado por prensas. Después es llevado a un perfilado, luego es soldada la bocina y el pasacables, la platina, seguido se realiza el doblez de cuerpo en U en la máquina plegadora YSD, posteriormente se realiza el soldado de porta-madera, de cuerpo y costados, de autógena con costados, soldado de uñas porta-maderas, soldado de esquineros, soldado de bisagras en cuerpo y tapas. Luego se hace el acomodado de cajas, para después realizar la perforación de esquineros.

- ✓ **Costados**

Este elemento se realiza en paralelo que el cuerpo. Primero se hace un habilitado en tiras de tapas, por plancha de acero se obtienen 15 tapas, para ser llevado al tronzado de costados. Después pasa al despunte zigzag, se realiza un prensado de semicortado y logotipo, luego es perfilado y se hace el doblado de lado largo y corto.

- ✓ **Tapa**

Comienza con el habilitado en tiras de tapas, para luego pasar al tronzado de tapas, el troquelado de visor y alojamiento de corredizos, luego se realiza un rolado de tapa, se efectúa un embutido de alojamiento de precinto forza y de esquineros. Esto pasa a soldado de porta-vidrio, de sombreros a los cascos y de cascos y de porta-omega, de uña para corredizo y de omegas con riel din.

- ✓ **Bocina de bisagra, pasacable, platina, porta madera y porta vidrio**

En paralelo se realizan estos elementos. Primero se realiza el tronzado de bocina de bisagra, para luego efectuar los dobles del mismo. Luego se hace el tronzado de pasacables y los dobles del mismo.

Realizamos un habilitado y un perforado de platina, hacemos un roscado de platina en cajas y por último el doblado en L de platina.

Se realiza el habilitado de porta-madera, posteriormente un tronzado a medida de porta-madera, para luego hacer un embutido. Finalmente se hace un habilitado en tiras de porta-vidrios y una silueta de porta-vidrios.

- ✓ **Cascos, sombreros, porta-omega, omegas y riel din:**

- Se realiza un habilitado en tiras de cascos, luego un tronzado con la ayuda de la prensa, una silueta en cascos y efectuamos embutidos en cascos.

- Se hace un habilitado en tiras de sombreros, una silueta de sombreros, embutidos de sombreros y para concluir un enderezado del mismo.

- Se hace habilitado en tiras de porta-omega, un tronzado y perforado de porta-omega y el embutido de porta-omega.

- Se hace habilitado en tiras de omega, un tronzado y perforado de omega y un embutido de omega.

- Se hace habilitado de riel din, un tronzado a medidas riel din con la ayuda de la prensa y un embutido de riel din.

- ✓ **Uñas porta-madera, corredizos, uñas para corredizos, esquineros y bisagras:**

  Se hace un tronzado de uñas porta-madera, seguida de un doblado en L, efectuamos una habilitado en tiras de corredizos, una silueta de corredizo y un embutido.

Se efectúa un tronzado de esquineros. Finalmente realizamos un tronzado de bisagras, un doblado L, posteriormente un doblado curvo y para terminar un martillado de bisagras.

4.1.2.3. Descripción de las Máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo

Se considera máquina industrial a aquellas que se utilizan en la industria de cualquier tipo de producto y de productividad igual, estas máquinas son capaces de hacer, maquilar o producir grandes cantidades del producto que se vende.

También se utilizan para trabajos muy pesados cuando un empleado no pueda hacerlo por mano propia o en las que interviene para ensamblar, cortar o pegar cualquier tipo de material en cantidades industriales; es decir cantidades que son muy grandes y se necesita muy poco tiempo para realizar la acción (Gresham, Totten, 2009).

Para la descripción de las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas, primero se identificaron las máquinas a estudiar, para ello se elaboró un diagrama que muestra la distribución física de las máquinas industriales por cada área de producción (ver figura 3), y posteriormente se identificaron sólo las máquinas industriales utilizadas en dicho proceso productivo (ver tabla 3).

Además, se determinó la cantidad de operarios que se requieren por cada área de producción para este proceso productivo, así como por cada máquina industrial para el funcionamiento de las mismas.

Esta recopilación de información es importante para familiarizarse con el lugar físico de la industria metálica y con las personas que trabajan en él, ya que se incluirán en etapas posteriores para el registro de datos relevantes utilizados en los cálculos del OEE.

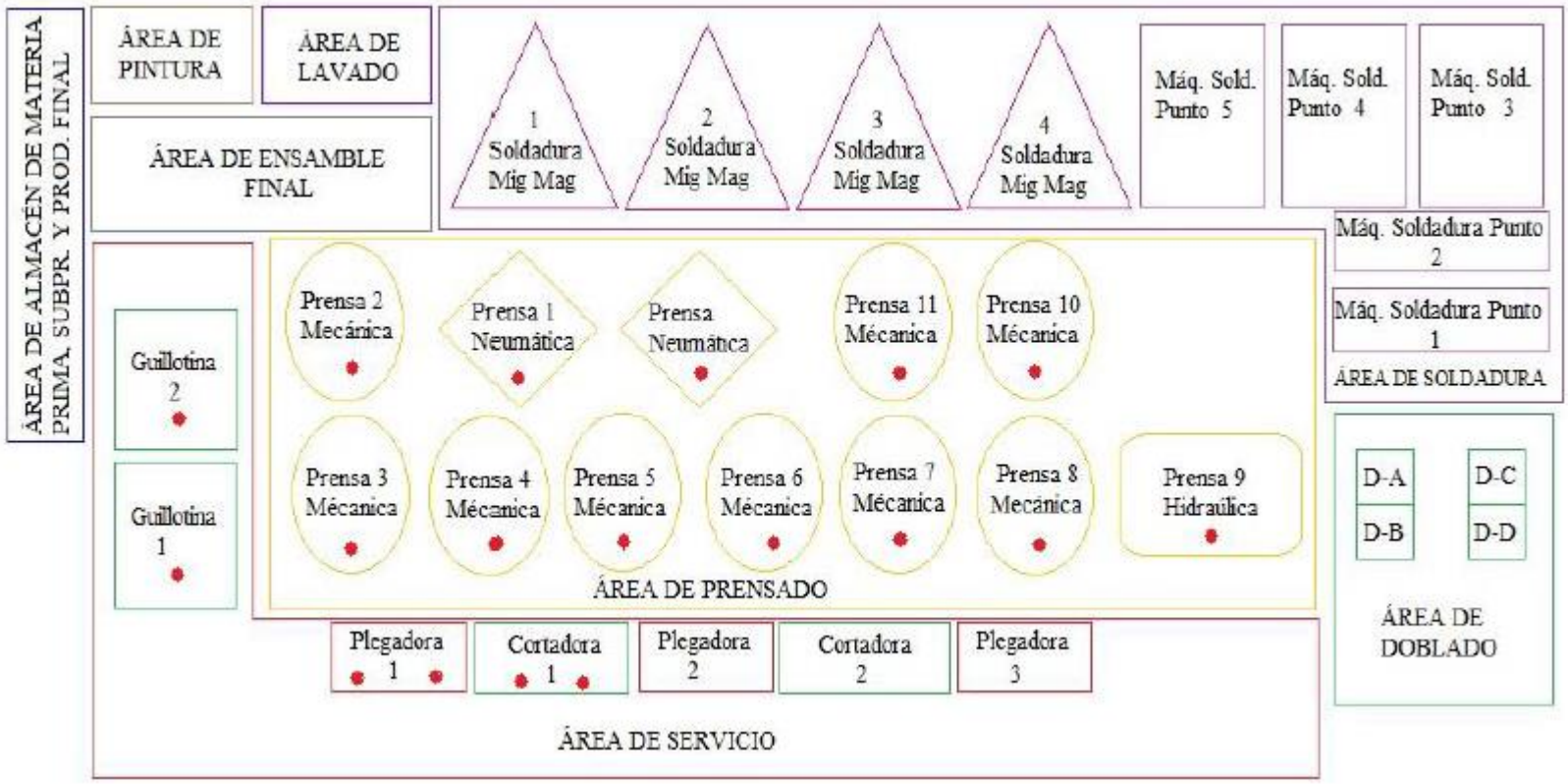


Figura 3. Distribución física de las máquinas industriales
Fuente: Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., 2019

Elaboración: Propia. 2019

Tabla 3. Máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Máquina Industrial	Etapa del proceso productivo
YSD	Formado de cuerpo
Guillotina 1	Formado de cuerpo, tapas
Guillotina 2	Costados, portamaderas
Prensa 1	Costados, tapas, cascos
Prensa 2	Bocina de bisagras, platinas, portavidrios, cascos, omegas, riel din,
Prensa 3	Costados, portavidrios
Prensa 4	Costados
Prensa 5	Formado de cuerpo
Prensa 6	Formado de cuerpo, tapas, cascos
Prensa 7	Formado de cuerpo, portamaderas, tapas, portaomegas, uñas para corredizo.
Prensa 9 (perfiladora)	Formado de cuerpo, costados
Prensa 10	Formado cuerpo, sombreros
Prensa 11	Sombreros, corredizos
Prensa 12 (schuler)	Bocina de bisagras, portaomegas, uñas para corredizo, omegas, riel din, corredizos

Fuente: Área de Producción de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L.

Elaboración: Propia. 2019.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de las máquinas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásica:

Tabla 4. Máquinas industriales del área de prensado

Máquina	Serie	Potencia	Voltaje	Año de adquisición
Prensa 1	EV234	5 Hp	500V	2008
Prensa 2	EV345	2 Hp	380V	2008
Prensa 3	EV281	3Hp	260V	2010
Prensa 4	EV319	3Hp	260V	2009
Prensa 5	EV301	1Hp	240V	2010
Prensa 6	EV293	4,5Hp	260V	2010
Prensa 7	EV367	4Hp	320V	2008
Prensa 9	EV255	2Hp	360V	2008
Prensa 10	EV278	3Hp	260V	2009
Prensa 11	EV311	2Hp	260V	2011
Schuler	**EV510**	**7Hp**	**250V**	**2009**

Tabla 5. Máquinas industriales del área de servicio

Máquina	Máquina cortadora	Máquina plegadora	Guillotina 1	Guillotina 2
Serie	M3536	M3536	BR345	BR424
Potencia	3 Hp	7,5 Hp	2 Hp	3 Hp
Voltaje	220V	220V	_____	_____
Fuerza	_____	1000 KN	_____	_____
Frecuencia	60 Hz	60Hz	_____	_____
Año de adquisición	2008	2008	2008	2010

Fuente: Elaboración propia. 2019

En la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., existe un mantenimiento global a todas las máquinas los días sábados de 1 pm a 3 pm. Así mismo durante la jornada laboral se hacen labores de limpieza, lubricación o verificaciones de aquellas máquinas industriales que necesiten de una parada dentro del proceso productivo, para su mantenimiento planificado.

También, existen paradas que no están planificadas, las cuáles ocasionan un mayor tiempo de paradas (de las cuales la industria metálica tiene cierta noción sobre ellas pero son desapercibidas porque están siendo consideradas poco a poco dentro del proceso productivo, lo cual es un error).

Luego se definió las máquinas industriales utilizadas para el proceso productivo de las cajas porta-medidores de energía monofásicas:

- Máquina cortadora 1: máquina industrial que se utiliza generalmente para el habilitado para cualquier pieza metálica.
- Máquina plegadora (YSD): máquina industrial que se utiliza generalmente para el doblado de cualquier pieza metálica.
- Guillotina 1 y 2: máquina industrial que se utiliza para tronzar o cortar partes de una pieza metálica.
- Prensa hidráulica (perfiladora): máquina industrial que sirve para el doblado de piezas metálicas, a partir de un mecanismo conformado por pistones que ejercen presión.
- Prensa mecánica: máquina industrial que deforma materiales mediante la aplicación de presión.
- Prensa neumática 1 y 12 (embold y schuler): estas son controladas por la manipulación de aire a presión, este aire hace que la prensa se desplace hacia abajo.

4.1.3. Tiempo de operación de los equipos electromecánicos

Tabla 6. Registro de Horas de operación Mensual de los equipos electromecánicos

N°	Designación de equipo	Horas de Operación Mensual 2018											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Maquina cortadora 1	130	134	112	152	130	122	178	130	112	134	90	156
2	Maquina plegadora	112	90	86	84	86	112	86	82	76	76	62	74
3	Guillotina 1	196	174	174	166	188	182	204	156	178	174	150	206
4	Guillotina 2	68	68	78	84	62	58	86	74	68	58	66	82
5	Prensa hidráulica	76	90	112	86	72	90	104	122	68	86	96	102
6	Prensa mecánica	86	82	94	70	76	86	94	82	94	70	92	122
7	Embold	178	190	152	178	196	208	188	192	186	176	154	186
8	Schuler	90	94	106	96	84	98	102	92	108	106	102	92

Fuente: CERINSA 2018

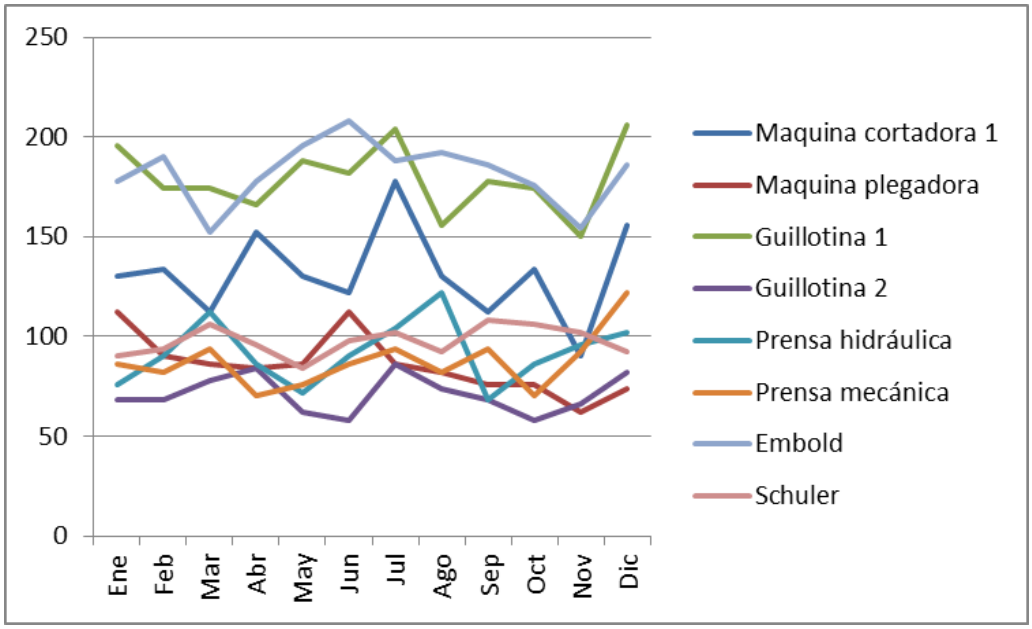


Figura 4. **.** Registro de Horas de operación Mensual de los equipos electromecánicos

Fuente: Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. Elaboración: Propia.

4.1.4. Consumo de energía de los equipos electromecánicos

Los equipos de medición incluyen además un medidor de energía eléctrica, el cual registra el consumo mensual de energía del motor eléctrico, la tensión de alimentación es de 220 Voltios. En la tabla 7, se tiene el registro de energía eléctrica mensual por cada equipo electromecánico.

Tabla 7. Consumo de energía eléctrica de los equipos electromecánicos de la empresa CERINSA E.I.R.L., 2018.

N°	Designación de equipo	Consumo de Energía Eléctrica kW-h, 2018											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Maquina cortadora 1	257	266	223	302	258	242	354	258	223	266	179	310
2	Maquina plegadora	207	167	159	156	159	207	159	152	141	141	115	137
3	Guillotina 1	215	191	191	182	206	200	224	171	195	191	165	226
4	Guillotina 2	113	113	129	139	103	96	143	123	113	96	109	136
5	Prensa hidráulica	113	133	166	127	107	133	154	181	101	127	142	151
6	Prensa mecánica	178	170	194	145	157	178	194	170	194	145	190	252
7	Embold	288	308	246	288	317	337	304	311	301	285	249	301
8	Schuler	165	172	194	176	154	180	187	169	198	194	187	169
	Total	1536	1520	1503	1515	1462	1573	1719	1534	1466	1446	1337	1682

Fuente: CERINSA 2018

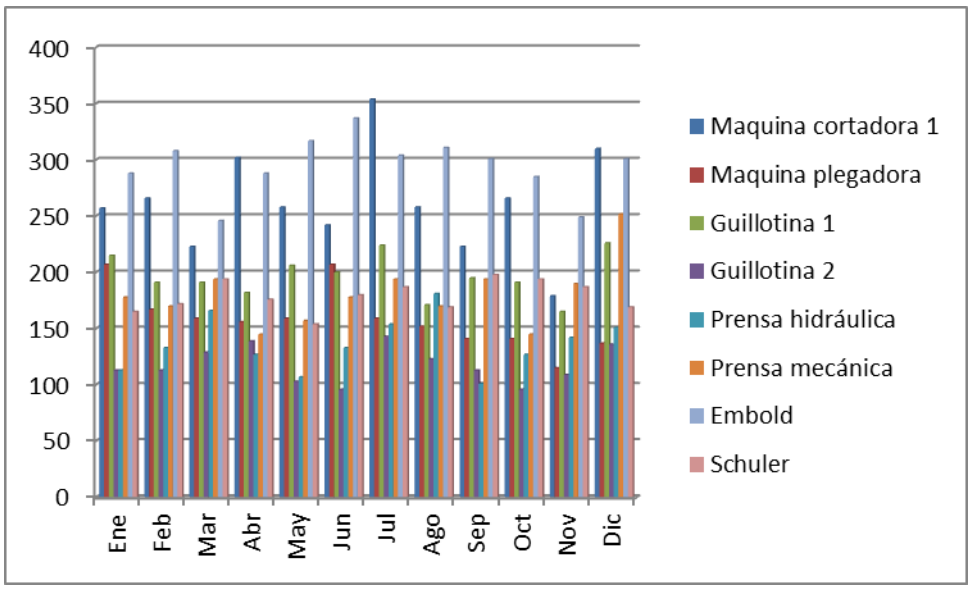


Figura 5. **.** Consumo de energía eléctrica de los equipos electromecánicos de la empresa CERINSA E.I.R.L., 2018.

Fuente: Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. Elaboración: Propia.

4.1.5. Fallos más frecuentes de la operación de los equipos electromecánicos de la empresa CERINSA E.I.R.L., 2018.

En la tabla 8, se muestran en porcentaje los fallos más comunes que han ocurrido para que los equipos electromecánicos no estén en operación, y se observa que existen paradas por problemas de funcionamiento del equipo electromecánico del sistema, los cuales hacen que se incrementen las horas no funcionamiento de éstos sistemas, lo cual crea disminución del tiempo de operación de los equipos de la Empresa CERINSA.

Tabla 8. Fallas Más frecuente (%) en equipos electromecánicos de la empresa CERINSA E.I.R.L.

N°	Designación de equipo	Fallas Más frecuente (%)			
		Motor eléctrico no arranca	Activación del relé térmico	Tensión eléctrica baja	Encendido y Apagado repentino
1	Maquina cortadora 1	12	56	14	18
2	Maquina plegadora	15	45	23	17
3	Guillotina 1	18	32	21	29
4	Guillotina 2	32	45	12	11
5	Prensa hidráulica	13	49	32	6
6	Prensa mecánica	12	54	23	11
7	Embold	21	43	21	15
8	Schuler	32	34	13	21

Fuente: CERINSA 2018

De la tabla 8, se puede observar que la mayor falla ocurre por la activación del relé térmico, es decir que la cantidad de corriente que circula por el sistema es mayor a lo que está programado por el relé, por lo tanto se tiene una serie de paradas intempestivas por éste fallo, que en todos los casos está entre el 30 y 60% de fallos en la operación de los equipos electromecánicos.

Realizando una evaluación por cada tipo de fallo, en promedio el 45% es por fallo por activación del relé térmico del sistema de protección eléctrica del sistema, el de menor frecuencia de fallos es del de encendido y apagado repentino del sistema, sin embargo dicho fallo, tiene implicancias en cierre y apertura repentina del circuito. En la figura 6, se muestra en detalle, dichos valores.

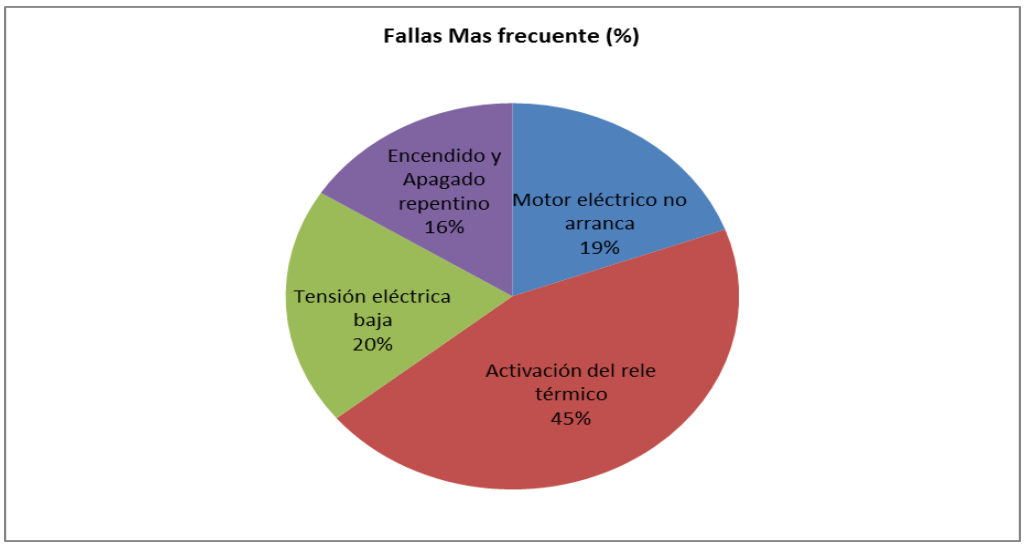


Figura 6. Fallas Más frecuente (%) en equipos electromecánicos de la empresa CERINSA E.I.R.L. Fuente: Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. Elaboración: Propia.

Objetivo 2

Determinar el valor de los indicadores de mantenimiento actual: disponibilidad y confiabilidad de los equipos electromecánicos.

4.2. Determinar el valor de los indicadores de mantenimiento actual: disponibilidad y confiabilidad de los equipos electromecánicos.

4.2.1. Registro del Tiempo Promedio de Reparación. (MTTR)

En la tabla 9, se muestra el registro de las horas de fallo durante los meses del año 2018, existiendo cuatro grandes tipos de fallos, que son por aspectos técnicos referentes al funcionamiento de los equipos electromecánicos.

El tiempo promedio de la reparación es elevada a pesar que existe personal operativo cercano a cada equipo, sin embargo, lo que existe es falla en la comunicación entre personal operativo, personal técnico y personal administrativo.

Los fallos se reportan en promedio después de 1 hora de haberse producido, debido a que el operario del equipo tiene que acudir al área de reparación, el cual está ubicado en la misma fábrica; así mismo, ésta información del fallo, no es evidenciada en un formato, solo se registra el tiempo de inoperatividad del sistema.

Además el tiempo de reparación se incrementa debido a la falta de repuestos, si la falla requiere del reemplazo de un mecanismo, será mucho mayor aún, si el fallo requiere de una requisición de servicio a la empresa.

Si los fallos son por falta de suministro eléctrico, debido a una falla en el sistema de alimentación eléctrica, el personal técnico electricista, tiene que apersonarse para realizar la verificación y/o reparación, no existe un sistema automático que reporte la falla en el sistema eléctrico.

Tabla 9. Horas de fallos Mensual 2018

N°	Designación de equipo	Horas de fallos Mensual												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1	Maquina cortadora 1	19	22	18	24	28	22	21	21	23	24	25	26	22.8
2	Maquina plegadora	28	30	28	32	19	18	26	28	28	19	20	19	24.6
3	Guillotina 1	38	39	35	28	19	41	50	41	38	28	36	39	36.0
4	Guillotina 2	18	17	14	22	13	26	22	26	28	20	20	22	20.7
5	Prensa hidráulica	12	14	16	13	18	21	20	16	19	20	18	17	17.0
6	Prensa mecánica	19	61	30	18	30	28	28	29	33	25	20	26	28.9
7	Embold	28	39	50	28	41	52	41	63	39	30	30	50	40.9
8	Schuler	17	17	11	22	22	25	19	19	23	23	25	20	20.3

Fuente: CERINSA 2018

De los 8 equipos electromecánicos, el tiempo de reparación de fallos, presenta variabilidad, si se analiza el acumulado de año, se tiene que la prensa hidráulica, es el que presenta un menor tiempo de reparación de fallos, con 17 horas en promedio mensual, sin embargo el embold, presenta un promedio de 40.9 Horas que se demora en solucionar el problema por cada mes.

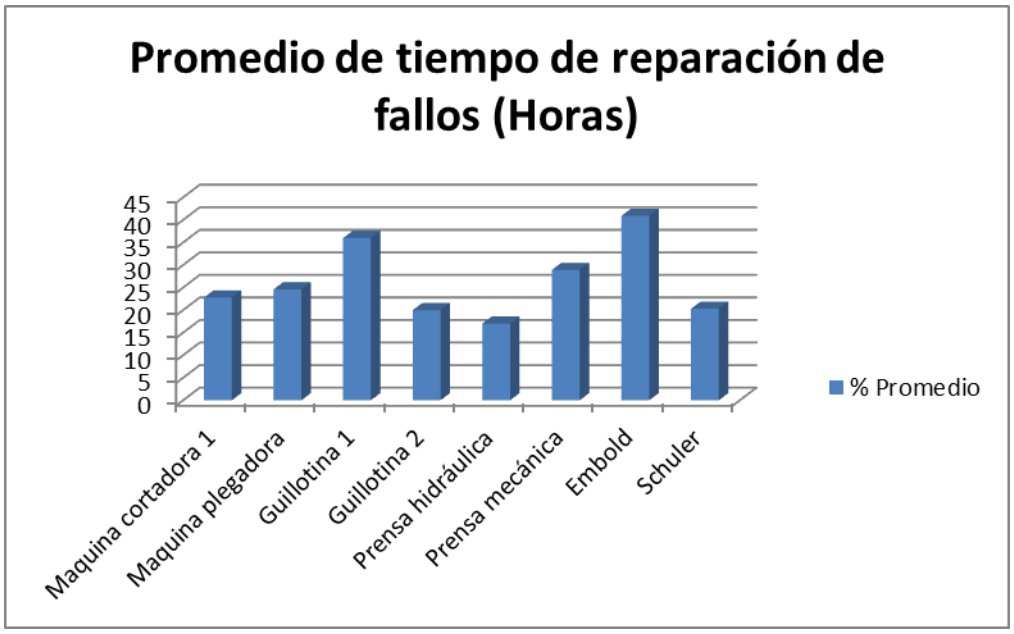


Figura 7. Promedio de tiempo de reparación de fallos (Horas)

4.2.2. Registro del tiempo promedio entre fallos (MTBF)

En los estudios realizados en el área de influencia de los equipos, por parte de la Empresa CERINSA, éste contempla que las horas disponibles para la producción es de 6 horas diarias, que equivale a 180 horas mensuales.

En la tabla 10, se muestra el registro del tiempo de funcionamiento de los equipos, en cada mes del año 2018, en el cuál se tiene en cuenta, que no se tiene el funcionamiento en las horas totales, debido a las paradas intempestivas, que ocurren en el sistema.

Tabla 10. Tiempo de funcionamiento de los equipos electromecánicos

N°	Designación de equipo	tiempo de funcionamiento de los equipos (Horas)												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1	Maquina cortadora 1	168	165	169	163	159	165	166	166	164	163	162	161	164.3
2	Maquina plegadora	159	157	159	155	168	169	161	159	159	168	167	168	162.4
3	Guillotina 1	149	148	152	159	168	146	137	146	149	159	151	148	151.0
4	Guillotina 2	169	170	173	165	174	161	165	161	159	167	167	165	166.3
5	Prensa hidráulica	175	173	171	174	169	166	167	171	168	167	169	170	170.0
6	Prensa mecánica	168	126	157	169	157	159	159	158	154	162	167	161	158.1
7	Embold	159	148	137	159	146	135	146	124	148	157	157	137	146.1
8	Schuler	170	170	176	165	165	162	168	168	164	164	162	167	166.8

Fuente: CERINSA 2018

De los 8 equipos electromecánicos, el tiempo de reparación entre fallos, presenta variabilidad, si se analiza el acumulado de año, se tiene que la prensa hidráulica, es el que presenta un mayor tiempo de reparación entre fallos, con 170 horas en promedio mensual, sin embargo el embold, presenta un promedio de 146.1 Horas en promedio en el cual los equipos presentan fallo en sus sistemas.

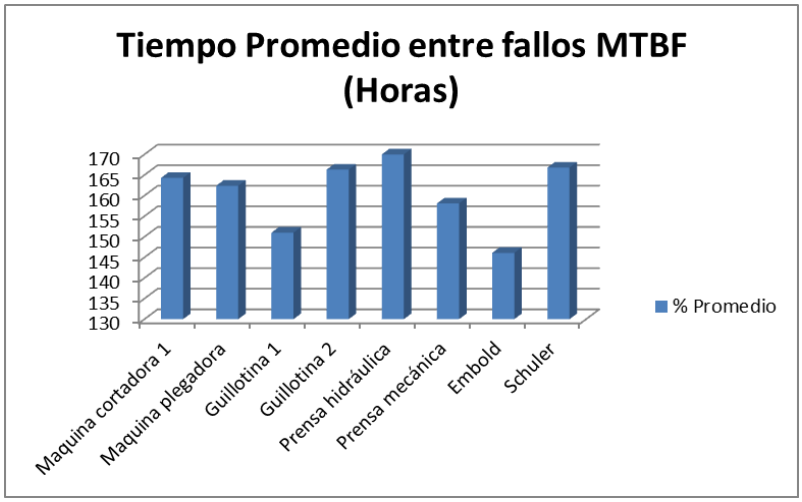


Figura 8. Tiempo Promedio entre fallos MTBF (Horas)

4.2.3. Cálculo de Disponibilidad

Para determinar el valor de la disponibilidad actual de la operación de equipo electromecánico de la empresa CERINSA, se calcula con la siguiente relación, el cual relaciona los tiempos promedios entres defectos y los tiempos promedios de arreglos.

$$D = 100 * \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Dónde:

D: Disponibilidad.

MTBF = Tiempo promedio entre defectos.

MTTR = Tiempo promedio de arreglo.

Tabla 11. Cálculo de Disponibilidad (%) de los equipos electromecánicos de la empresa CERINSA

N°	Designación de equipo	Cálculo de Disponibilidad (%)de los equipos electromecánicos de la empresa CERINSA												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1	Maquina cortadora 1	89.4	87.8	90.0	86.7	84.4	87.8	88.3	88.3	87.2	86.7	86.1	85.6	87.4
2	Maquina	84.4	83.3	84.4	82.2	89.4	90.0	85.6	84.4	84.4	89.4	88.9	89.4	86.3

	plegadora												
3	Guillotina 1	78.9	78.3	80.6	84.4	89.4	77.2	72.2	77.2	78.9	84.4	80.0	78.3	80.0
4	Guillotina 2	90.0	90.6	92.2	87.8	92.8	85.6	87.8	85.6	84.4	88.9	88.9	87.8	88.5
5	Prensa hidráulica	93.3	92.2	91.1	92.8	90.0	88.3	88.9	91.1	89.4	88.9	90.0	90.6	90.6
6	Prensa mecánica	89.4	66.1	83.3	90.0	83.3	84.4	84.4	83.9	81.7	86.1	88.9	85.6	83.9
7	Embold	84.4	78.3	72.2	84.4	77.2	71.1	77.2	65.0	78.3	83.3	83.3	72.2	77.3
8	Schuler	90.6	90.6	93.9	87.8	87.8	86.1	89.4	89.4	87.2	87.2	86.1	88.9	88.8

Fuente: CERINSA 2018

De la tabla 11, se puede evidenciar que de los 8 equipos, solo uno supera el 90% de disponibilidad, 6 tienen valores de disponibilidad entre el 80 y 90%, y uno tiene un valor de disponibilidad menor al 80% (77.3%), lo cual demuestra que no existe la planificación del mantenimiento, así como también una gestión en cuanto a todo el proceso de mantenimiento, desde el reporte de la falla, el suministro de materiales, almacenes, etc.

En la figura 9, se muestra los valores de disponibilidad de los equipos; en el caso de la guillotina, presenta un valor de disponibilidad que está debajo del estándar de clase mundial que es del 82%, por lo tanto se evaluará el posible reemplazo de todo el equipamiento, debido a que los tiempos de fallos, involucra ineficiencia en la operatividad del equipo.

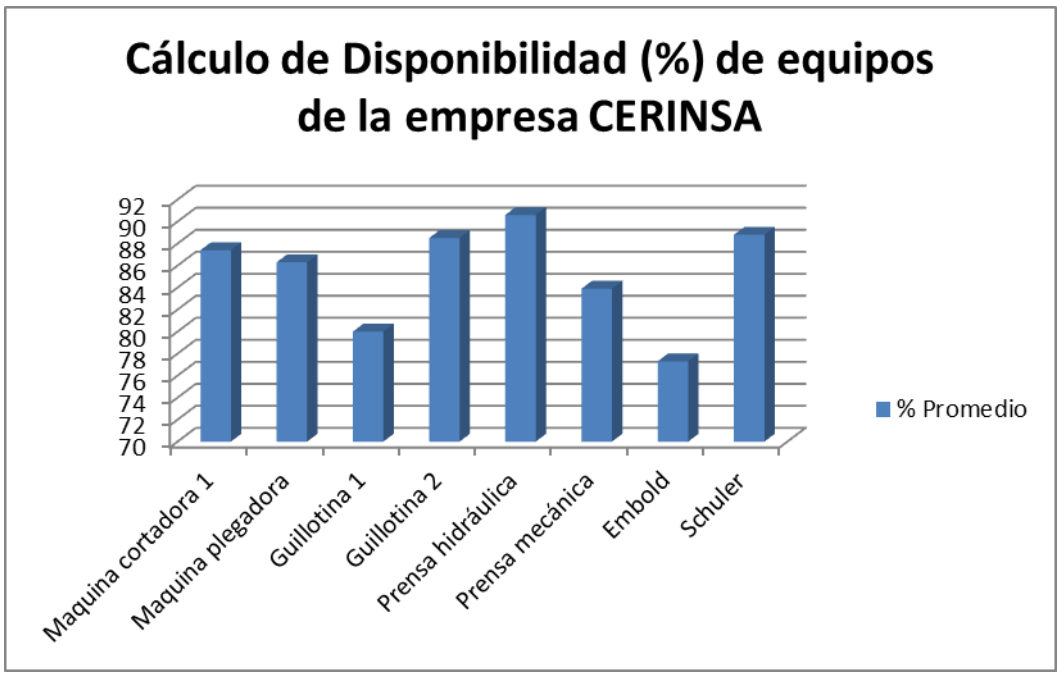


Figura 9. Cálculo de Disponibilidad (%) de los equipos electromecánicos de la empresa CERINSA 2018

4.2.4. Cálculo de la Confiabilidad actual de funcionamiento de los equipos electromecánicos

Para el análisis de la confiabilidad actual de los equipos de la Empresa CERINSA, se utiliza el método probabilístico de Weibull, el cual mediante los valores del tiempo de funcionamiento entre fallos, se determina el porcentaje de la probabilidad de fallo.

El procedimiento se realiza:

a) Ordenar todos los valores de tiempo entre fallas (MTBF), registrados en un determinado periodo.

b) Ordenar todos los valores promedios en orden ascendente.

c) Mediante la ecuación Rango= ((Mx-0.3)/(N+0.4)), se determina la mediana de la lista de observaciones, donde Mx, es la medida del valor de radiación en la posición x y N, es el número de observaciones.

d) La función de Weibull, expresado en función exponencial, se resuelve linealizando los ejes cartesianos, mediante el logaritmo de la función, tanto para el x como para el eje y, que finalmente constituyen puntos que se enmarcan en una ecuación de la recta.

e) En el eje Y, queda la expresión de ln (ln (1/(1-Median Rank))), y en el eje X, los valores de los tiempos entre fallos MTBF.

La confiabilidad de los tiempos entre fallos de los equipos se realiza para cada uno de ellos, debido a que son dispositivos de diferentes características, potencia mecánica de los motores eléctricos, eficiencia de los equipos, etc.

- ✓ **Análisis de confiabilidad de la maquina cortadora 1**

Se ordena los 12 valores del tiempo de funcionamiento de la máquina cortadora 1 en horas, tal como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Tiempo de funcionamiento de la máquina cortadora 1

	Tiempo de funcionamiento de la máquina cortadora 1 (horas)
1	159
2	161
3	162
4	163
5	163
6	164
7	165
8	165
9	166
10	166
11	168
12	169

Fuente: Autoría Propia.

Luego se calcula los valores según lo que establece el procedimiento de Weibull, el cual se resumen en la tabla 13.

Tabla 13. Cálculo de valores que establece el procedimiento de Weibull para la máquina cortadora 1.

N°	Valor de Tiempo de Funcionamiento maquina cortadora 1 (Horas)	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	Y = ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(Tiempo de Funcionamiento maquina cortadora 1	X.Y	X2
1	159	0.06	1.06	-2.85	5.07	2.22	10.14
2	161	0.14	1.16	-1.91	5.08	3.17	10.16
3	162	0.22	1.28	-1.40	5.09	3.68	10.18
4	163	0.30	1.43	-1.04	5.09	4.06	10.19
5	163	0.38	1.61	-0.74	5.09	4.35	10.19
6	164	0.46	1.85	-0.49	5.10	4.61	10.20
7	165	0.54	2.18	-0.25	5.11	4.85	10.21
8	165	0.62	2.64	-0.03	5.11	5.08	10.21
9	166	0.70	3.35	0.19	5.11	5.30	10.22
10	166	0.78	4.59	0.42	5.11	5.53	10.22
11	168	0.86	7.29	0.69	5.12	5.81	10.25
12	169	0.94	17.71	1.06	5.13	6.19	10.26
	Suma			-6.36	61.22	54.86	122.43

Para determinar el valor de la confiabilidad actual, que mide la probabilidad de ocurrencia del tiempo entre fallos, se realiza mediante la distribución de probabilidad de Weibull, para lo cual se determina por la ecuación:

$$P(r) = \frac{k}{c}\left(\frac{r}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{r}{c}\right)^{k}}$$

Para determinar los parámetros de la ecuación de Weibull, se utiliza el ajuste de mínimos, que corresponde a la ecuación de probabilidad de Weibull.

$$P_i(r \leq r_i) = 1 - e^{\left[-\left(\frac{r}{c}\right)\right]^{k}}$$

Esto se logra utilizando el método de regresión lineal, donde relaciona las variables, el proceso se ve reflejado por las ecuaciones:

$$Y_i = Ln[-Ln(1 - P_i)]$$

$$X_i = Ln(r)$$

$$a = -kLn(c)$$

$$b = k$$

Con los valores dados, se determina la ecuación de la recta, en donde:
Y = aX + b

El método de los mínimos cuadrados, consiste en realizar la aproximación de la ecuación de la recta, y para encontrar dicho valor, se sigue el siguiente procedimiento:

a) Multiplicar los valores X.Y, y el valor de X al cuadrado, luego realizar la sumatoria de los valores de X, de valores de Y, y de valores X.Y, y la sumatoria de los cuadrados de X.

b) Se determina los valores de a y b, con las expresiones:

$$a = \frac{n.\sum(X.Y) - \sum X.\sum Y}{n.\sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X . \sum (X . Y)}{n . \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = 63.92$$

$$b = -326.6 = k$$

La ecuación de la recta es:

Y = aX + b

De la expresión: $a = -kLn(c)$ y b=k

Se tiene:

$$c = e^{\frac{-k}{a}}$$

$$c = e^{\frac{326.6}{63.92}} = 165.5$$

El factor de escala c, indica el nivel promedio de la zona de estudio, y el factor de forma k es un índice de dispersión de los datos y la frecuencia con la que se presenta el tiempo entre fallos

Factor de forma	Factor de escala (MTBF)
63.92	165.5

Probabilidad de ocurrencia

Se utiliza la ecuación de distribución de weibull,

$$F(v) = 1 - (\frac{a}{c})(\frac{v}{c})^{a-1} e^{-(\frac{v}{c})^a}$$

Reemplazando valores se tiene:

Valor de Tiempo de Funcionamiento máquina cortadora 1 (Horas)	Confiabilidad %
159	98.579
161	97.153
162	96.122
163	94.927
163	94.927
164	93.740
165	92.899
165	92.899
166	92.863
166	92.863
168	96.058
169	98.208

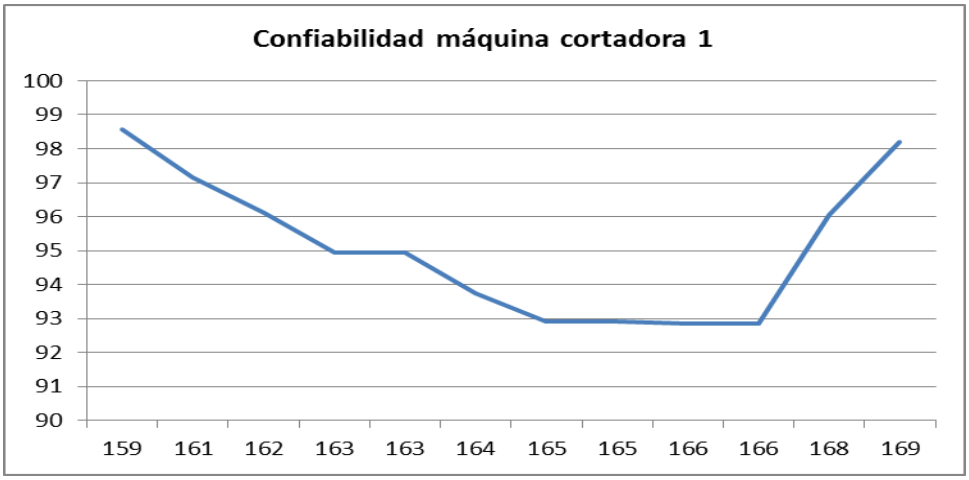


Figura 10. Confiabilidad de la máquina cortadora 1

La probabilidad de que ocurra un fallo en 165.5 horas de funcionamiento de la máquina cortadora 1 es de 92.8%.

De manera análoga, se realiza el cálculo de la probabilidad de falla de los demás equipos electromecánicos, en la tabla 14, se muestran los resultados determinados con el método de Weibull.

Tabla 14. Confiabilidad de los equipos electromecánicos de la empresa CERINSA

N°	Designación de equipo	Horas de funcionamiento	Confiabilidad % (probabilidad de que ocurra un fallo)
1	Maquina cortadora 1	165,5	92,8
2	Maquina plegadora	166,6	97,4
3	Guillotina 1	154,8	75,8
4	Guillotina 2	168,5	56,4
5	Prensa hidráulica	171,4	93,0
6	Prensa mecánica	163	85,2
7	Embold	151,2	82,5
8	Schuler	168,7	95,1

Objetivo 3

Proponer un plan de mantenimiento preventivo, el cual incluya las acciones de mantenimiento, capacitación, organización y control del mantenimiento

4.3. Proponer un plan de mantenimiento preventivo, el cual incluya las acciones de mantenimiento, capacitación, organización y control del mantenimiento

4.3.1. Acciones de mantenimiento

Las acciones de mantenimiento se planifican por el tiempo de duración de las mismas, es decir, en mantenimiento diario, mantenimiento quincenal, mensual y anual, el cual es realizado por el personal técnico de la empresa CERINSA, con la asistencia de los operarios de las máquinas, a fin de involucrar a éste personal, y pueda desarrollar acciones de mantenimiento básico.

- ✓ **Actividades de mantenimiento diarias**

Diariamente y según los turnos distribuidos entre los operarios se realizaran las siguientes actividades según los casos especificados:

a) La limpieza externa, en el perímetro de las instalaciones de los equipos, por lo menos cada 8 horas por un área de 2 o 3 m^2, retirando polvo y agentes que pudieran interferir con el funcionamiento correcto del equipo, además que facilita la ventilación del sistema.

b) Limpieza externa del ventilador motor, así como inspeccionar y limpiar las conexiones eléctricas del tablero de arranque y accesorios

c) Inspeccionar que el sistema de lubricación de la columna se encuentre correctamente y funcionando correctamente.

d) Inspeccionar y verificar el goteo del lubricante, constatar que el ritmo de aceite en el gotero debe ser de 1 gota cada 11 segundos

e) Inspeccionar y verificar que el sentido del giro sea el correcto, anti horario, no debe funcionar en el sentido contrario, porque después de dos minutos genera fallas al sistema

f) Constatar la presencia de ruidos o vibraciones extrañas o inusuales en exceso, si los hubiera, detener el funcionamiento.

g) Inspeccionar y verificar el rendimiento como las horas trabajadas del sistema

h) En lo posible evitar paralizar y arranques continuos, produce calentamiento excesivo del motor.

i) Inspeccionar las empaquetaduras de jebe en las uniones para verificar posible fugas y si ese fuera el caso, cambiar inmediatamente.

j) Verificar el ajuste del prensaestopas, debe gotear ligeramente

- ✓ **Actividades de mantenimiento quincenal**

Cada quince (15) días y según los turnos distribuidos entre los operarios, se realizaran las siguientes actividades según los casos especificados.

a) Inspeccionar y verificar que el sistema de lubricación se encuentre correctamente instalado y que se encuentre operando en óptimas condiciones

b) Inspeccionar y verificar el depósito de aceite que esté en orden y con fácil acceso

c) Inspeccionar y verificar que el reservorio de aceite este en el nivel adecuado

d) Inspeccionar y verificar las instalaciones de la tubería de descarga

e) Revisar las conexiones eléctricas del tablero de arranque y accesorios

f) Inspeccionar y verificar con un amperímetro si el motor trabaja a sobrecarga, así como al sistema de operación

g) Inspeccionar y verificar que la corriente este dentro de los parámetros permitidos

k) Verificar la presencia de ruidos o vibraciones inusuales y mantener funcionando el equipo en óptimas condiciones

l) Constatar que el consumo de corriente sea igual en las tres fases

m) Verificar el voltaje en el tablero mientras la máquina se encuentra en la operación

n) Hacer una limpieza externa del ventilador del motor

o) Inspeccionar y verificar la base que soporta el sistema ya que puede haber un mal alineamiento.

p) Inspeccionar y verificar posibles fugas en válvulas y si es necesario reparar

q) Inspeccionar y verificar posibles fugas en las empaquetaduras de las bridas y uniones

r) Revisar el desgaste en fajas de transmisión

s) Inspeccionar la lubricación de los rodamientos

- ✓ **Actividades de mantenimiento anual**

a) Limpieza general de los sistemas de lubricación

b) Revisión de los goteros de aceite, cambiar si se encuentran en mal estado

c) Inspeccionar el depósito de aceite, para constar que está en buen estado, caso contrario reemplazarlo

d) Hacer una revisión general de las instalaciones.

e) Revisar, limpiar y reparar si es necesario las conexiones eléctricas del tablero de arranque y accesorios

f) Desmotar, limpiar y montar la máquina, pieza por pieza, para ver los desgastes posibles y reemplazos correspondientes

g) Revisar todas las empaquetaduras y reemplazar las que están en mal estado

h) Revisión general de los motores eléctricos

i) Inspección, verificación y limpieza completa de las piezas visibles de los motores eléctricos al abrirlos

j) Revisión general de los rodamientos de bola en los motores eléctricos, si es necesario reemplazarlos los que están en mal estado.

k) Verificar las condiciones en que se encuentre el cableado en las conexiones eléctricas del tablero hacía el motor, realiza pruebas de continuidad

l) Reemplazar todas las piezas desgastadas para garantizar mayor rendimiento

	FICHA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO N……°:																									
Nº	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Limpieza general	SEMANAL	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
2	Verificar Motor Eléctrico	MENSUAL			O				O					O				O				O				O
3	Verificar sistema de Transmisión	SEMANAL	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
4	Cambio de elementos móviles en máquina	SEMANAL	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
5	Cambio de elementos móviles en Motor eléctrico	MENSUAL			O				O√					O				O				O				O
6	Cambio de sistema de tuberías	SEMESTRAL												O				O				O				O
Fecha de Ejecución del Mantenimiento																										
Firma del Encargado del Mantenimiento																										

Observaciones	Frecuencia	Claves
	S : Semanal Q : Quincenal M : Mensual T : Trimestral Sm : Semestral	O : A Inspeccionar √ : Check (Conforme) X : Con falla

Objetivo 4

Determinar la disponibilidad de los equipos electromecánicos de la Empresa CERINSA E.I.R.L. con la propuesta de mantenimiento preventivo.

4.4. Determinar la disponibilidad de los equipos electromecánicos de la Empresa CERINSA E.I.R.L. con la propuesta de mantenimiento preventivo.

- ✓ **Proyección de Disponibilidad.**

La aplicación del plan de mantenimiento tiene como objetivo tener las máquinas en condiciones de funcionamiento, en el cual las paradas por falta de suministro eléctrico, falla del motor eléctrico, entre otros, disminuyan.

La disminución del número de paradas y el tiempo de éstos, se determinan en función a que se cumpla lo determinado en la planificación, ejecución y supervisión del mantenimiento.

El incremento de las horas de funcionamiento, también considera que existe un tiempo de mantenimiento preventivo, el cual se prevé que será de dos horas al mes; esto incrementa el tiempo de funcionamiento en 5% con respecto al total; en la tabla se muestra los valores de los tiempos antes y después de la propuesta de plan de mantenimiento preventivo (tabla 15).

Tabla 15. Proyección de la disponibilidad con propuesta de mantenimiento

N°	Designación de equipo	Horas de funcionamiento Promedio Mensual	
		Actual	Con propuesta de mantenimiento
1	Maquina cortadora 1	164.3	172.5
2	Maquina plegadora	162.4	170.5
3	Guillotina 1	151	158.6
4	Guillotina 2	166.3	174.6
5	Prensa hidráulica	170	178.5
6	Prensa mecánica	158.1	166.0
7	Embold	146.1	153.4

8	Schuler	166.8	175.1

El valor de la disponibilidad con la propuesta de plan de mantenimiento se determina:

$$Dn = 100 * \frac{Tf}{180}$$

Dónde:

Dn; Disponibilidad con propuesta de mantenimiento preventivo.

Tf: Tiempo de funcionamiento

Reemplazando valores, se tiene:

Tabla 16. Disponibilidad de los equipos con propuesta de mantenimiento

N°	Designación de equipo	Disponibilidad (%)	
		Actual	Con Propuesta
1	Maquina cortadora 1	87.4	95.84
2	Maquina plegadora	86.3	94.73
3	Guillotina 1	80	88.08
4	Guillotina 2	88.5	97.01
5	Prensa hidráulica	90.6	99.17
6	Prensa mecánica	83.9	92.23
7	Embold	77.3	85.23
8	Schuler	88.8	97.30

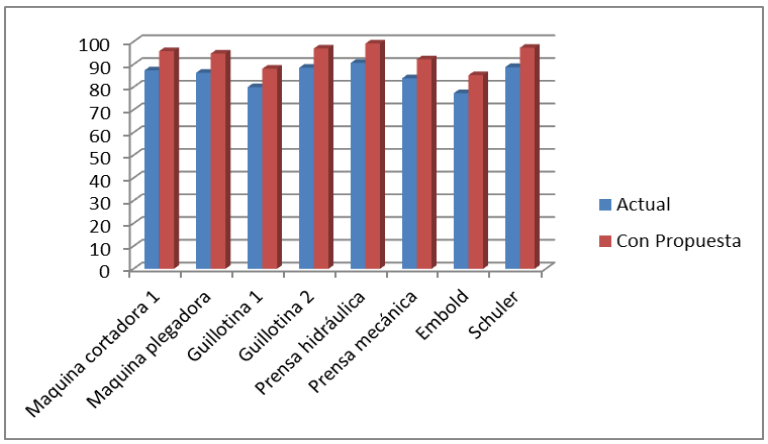


Figura 11. Disponibilidad de los equipos con propuesta de mantenimiento

Se concluye que en promedio, el valor del indicador de disponibilidad sin aplicar el mantenimiento de todos los equipos electromecánicos es de 85.35% y al aplicar el mantenimiento preventivo, con las supervisiones correspondientes, es de 93.69% es decir un incremento de 8.3%, que es significativo, debido a que es proporcional al tiempo de funcionamiento de los equipos, con lo cual se garantiza la productividad.

Objetivo 5

Realizar una evaluación económica para determinar la rentabilidad del proyecto

4.5. Realizar una evaluación económica para determinar la rentabilidad del proyecto

La inversión inicial del proyecto, está dado por la adquisición oportuna de los repuestos, servicios en el taller, y servicios de terceros en la empresa CERINSA; ésta mejora contempla la comunicación mediante formato de reportes y de requisición de compra de repuestos y equipos.

Para cada equipo, se tiene el siguiente cuadro de costos para el mantenimiento preventivo, el cual incluye un stock mínimo para superar paradas intempestivas, además de la capacitación del personal.

FASE	ENTREGABLES	MONTO	
			Total Fase
1. IDENTIFICAR SITUACIÓN ACTUAL Y FORMULAR OBJETIVOS	1.1 Análisis de la situación	S/.50,00	S/.170,00
	1.2 Visitas a la empresa	S/.40,00	
	1.3 Materiales para medir	S/.50,00	
	1.4 Evaluación	S/.30,00	
2. SELECCIÓN DE OPORTUNIDAD DE MEJORA	2.1 Reunión de Coordinación	S/.70,00	S/.145,00
	2.2 Diagnóstico y selección de metodología	S/.75,00	
3. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3.1 Realización de Análisis ABC	S/.25,00	S/.85,00
	3.2 Análisis de DOP	S/.25,00	
	3.3 Calculo de la productividad	S/.35,00	
4. FORMULAR PLAN DE ACCIÓN	4.1 Reuniones de coordinación con Gerente y Jefe de Producción	S/.45,00	S/.1.140,00
	4.2 Reuniones con operarios	S/.35,00	
	4.3 Elaboración del Plan de SS	S/.40,00	
	4.4 Determinación de la Redistribución de Planta	S/.40,00	
	4.5 Determinación de los costos capital	S/.980,00	
5. IMPLANTAR MEJORAS	5.1 Plan de Capacitaciones	S/.450,00	S/.251.238,29
	5.2 Adquisición de maquinarias para área de inyectado	S/.111.200,00	
	5.3 Adquisición de maquinarias	S/.10.000,00	
	5.4 Adquisición de instrumentos, equipos y herramientas	S/.8.000,00	
	5.6 Mejoras en áreas de producción	S/.117.470,29	
	5.7 Reordenamiento del taller	S/.3.528,00	
	5.8 Elaboración y distribución de manuales del procedimiento de mejoras	S/.30,00	
	5.9 Elaboración y distribución de cronogramas de mejoras	S/.30,00	
	5.10 Elaboración y distribución de cronogramas de limpieza	S/.30,00	
	5.11 Elaboración de nuevas herramientas	S/.200,00	
	5.12 Organización de Implementación	S/.300,00	
6. MEDIR RESULTADOS	6.1 Visitas a la empresa	S/.50,00	S/.215,00
	6.2 Elaboración de Reportes de Indicadores Finales	S/.75,00	
	6.3 Elaboración de Cuadros comparativos	S/.45,00	
	6.4 Elaboración de cuadros de tiempos	S/.45,00	
7. ESTABDARIZAR RESULTADOS	7.1 Estandarización procedimientos	100	S/.240,00
	7.2 Estandarizar y aumentar indicadores de producción	140	
8. INFORME FINAL	8.1 Informe de capacitación	30	S/.65,00
	8.1 Informe de resultados a Gerencia	35	
		Presupuesto Total	**S/.253.298,29**

a) Cálculo de tasa equivalente

TEA =	10,00%
TES =	4,88%

a) Cálculo de tasa equivalente

Préstamo total (p)	S/.37.973	
N° de pagos :	7	semestral
tasa efectiva semestral	4,88%	
Cuota por semestre total:	S/.6.533,97	

Periodos	inicial	Amortización Principal	interés	cuota	final
0	S/.37.973				S/.37.973
1	S/.37.973	S/.4.681	S/.1.853,08	S/.6.534	S/.33.292
2	S/.33.292	S/.4.909	S/.1.624,65	S/.6.534	S/.28.383
3	S/.28.383	S/.5.149	S/.1.385,08	S/.6.534	S/.23.234
4	S/.23.234	S/.5.400	S/.1.133,81	S/.6.534	S/.17.834
5	S/.17.834	S/.5.664	S/.870,29	S/.6.534	S/.12.170
6	S/.12.170	S/.5.940	S/.593,90	S/.6.534	S/.6.230
7	S/.6.230	S/.6.230	S/.304,02	S/.6.534	S/.0,00

TOTAL	**S/.37.973**	**S/.7.765**	**S/.45.738**

Ítems	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
INGRESOS								
Ingresos		S/.1.076.893,42	S/.1.162.661,22	S/.1.301.183,92	S/.1.400.328,04	S/.1.732.756,23	S/.1.937.645,53	S/.2.066.087,61
Total Ingresos		**S/.1.076.893,42**	**S/.1.162.661,22**	**S/.1.301.183,92**	**S/.1.400.328,04**	**S/.1.732.756,23**	**S/.1.937.645,53**	**S/.2.066.087,61**
EGRESOS								
Costos Fijos		S/.248.106,52	S/.248.106,52	S/.248.106,52	S/.248.106,52	S/.248.106,52	S/.248.106,52	S/.248.106,52
Costos Variable		S/.588.752,47	S/.635.062,23	S/.684.391,81	S/.684.391,81	S/.788.765,07	S/.840.374,15	S/.848.454,18
Costos de producción		**S/.836.858,99**	**S/.883.168,75**	**S/.932.498,33**	**S/.932.498,33**	**S/.1.036.871,59**	**S/.1.088.480,67**	**S/.1.096.560,70**
Gastos administrativos		S/.4.000,00	S/.4.000,00	S/.4.000,00	S/.4.000,00	S/.4.000,00	S/.4.000,00	S/.4.000,00
Depreciación		S/.6.636,40	S/.6.636,40	S/.6.636,40	S/.6.636,40	S/.6.636,40	S/.6.636,40	S/.6.636,40
Amortización de Intangibles		S/.1.260,00						
Total egresos		**S/.848.755,39**	**S/.893.805,15**	**S/.943.134,73**	**S/.943.134,73**	**S/.1.047.507,99**	**S/.1.099.117,07**	**S/.1.107.197,10**
UAII		S/.228.138,03	S/.268.856,07	S/.358.049,19	S/.457.193,31	S/.685.248,24	S/.838.528,46	S/.958.890,51
Intereses		**S/.1.853,42**	**S/.1.624,96**	**S/.1.385,34**	**S/.1.134,03**	**S/.870,46**	**S/.594,02**	**S/.304,08**
UAI		S/.226.284,61	S/.267.231,11	S/.356.663,85	S/.456.059,28	S/.684.377,78	S/.837.934,44	S/.958.586,43
Impuesto (30%)		S/.67.885,38	S/.80.169,33	S/.106.999,16	S/.136.817,78	S/.205.313,33	S/.251.380,33	S/.287.575,93
Utilidad Neta		**S/.158.399,23**	**S/.187.061,78**	**S/.249.664,70**	**S/.319.241,50**	**S/.479.064,45**	**S/.586.554,11**	**S/.671.010,50**

Flujo del Servicio de la Deuda

Inversión Inicial	S/.253.298							
Préstamo	S/.37.973							
Amortización de Deuda		S/.4.681	S/.4.909	S/.5.149	S/.5.400	S/.5.664	S/.5.940	S/.6.230
Interés		S/.1.853,08	S/.1.624,65	S/.1.385,08	S/.1.133,81	S/.870,29	S/.593,90	S/.304,02
FLUJO DE SERVICIO DE DEUDA	S/.291.271,28	S/.6.533,97	S/.6.533,97	S/.6.533,97	S/.6.533,97	S/.6.533,97	S/.6.533,97	S/.6.533,97

Flujo económico

Ítems	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Flujo de Capital	**291.271,28**							
Flujo Operativo		**158.399,23**	**187.061,78**	**249.664,70**	**319.241,50**	**479.064,45**	**586.554,11**	**671.010,50**
Flujo de Caja Económico (3)	**-291.271,28**	**158.399,23**	**187.061,78**	**249.664,70**	**319.241,50**	**479.064,45**	**586.554,11**	**671.010,50**
(1)+(2)=(3)	**-291.271,28**	**158.399,23**	**187.061,78**	**249.664,70**	**319.241,50**	**479.064,45**	**586.554,11**	**671.010,50**

Flujo Financiero

Ítems		*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Flujo de Caja Económico	**0,00**	**158.399,23**	**187.061,78**	**249.664,70**	**319.241,50**	**479.064,45**	**586.554,11**	**671.010,50**
Flujo de Servicio de la Deuda	**-291.271,28**	**6.533,97**	**6.533,97**	**6.533,97**	**6.533,97**	**6.533,97**	**6.533,97**	**6.533,97**
Flujo financiero	**-291.271,28**	**164.933,20**	**193.595,75**	**256.198,67**	**325.775,47**	**485.598,42**	**593.088,08**	**677.544,48**

Ítems	*Valores*	
Monto del Préstamo	**24.093,13**	
PLAZO	**6**	SEMESTRAL
Interés anual (En %)	**10,00%**	
Interés semestral (En %)	**4,88%**	

Indicadores Financieros de Rentabilidad

Valor Actual Neto y TIR

Cuadro Resumen de los Principales Indicadores Económicos y Financieros

Ítems	*Económico*	*Financiero*
VAN	**S/. 2.100.271,81**	**S/. 2.138.244,80**
TIR	**76%**	**78%**

S/. 1.761.035,01

Se acepta cuando es mayor a 0

Se acepta cuando es mayor al factor de actualización

TASA DE DESCUENTO DEL 12%

operación	Costos totales	Beneficios totales	Factor de actualización 12,0%	Costos actualizados	Beneficios actualizados	Flujo neto de Efectivo act.
0	0	0	1,000	0,00	0,00	0,00
1	1.140.027	1.076.893	0,893	1.017.880,96	961.511,98	-56.368,97
2	893.805	1.162.661	0,797	712.535,99	926.866,41	214.330,41
3	943.135	1.301.184	0,712	671.304,67	926.157,01	254.852,34
4	943.135	1.400.328	0,063	58.945,92	87.520,50	28.574,58

5	1.047.508	1.732.756	0,041	43.109,02	71.309,65	28.200,63
6	1.099.117	1.937.646	0,030	32.619,28	57.504,89	24.885,61
7	1.107.197	2.357.359	0,023	25.709,22	54.738,09	29.028,87
Total	**7.173.923**	**10.968.827**		**2.562.105,06**	**3.085.608,52**	**523.503,47**

B/C =	**1,20**	**Se acepta**

FLUJO NETO DE ECTIVO

operación	Ingresos totales*	Egresos totales		Cap. de trab.	Valor de Rescate		Flujo Neto de Efectivo
					Valor Residual	Recup. De cap. De Trab.	
0							0,00
1	1.076.893,42	848.755,39		291.271,28			-63.133,25
2	1.162.661,22	893.805,15					268.856,07
3	1.301.183,92	943.134,73					358.049,19
4	1.400.328,04	943.134,73					457.193,31
5	1.732.756,23	1.047.507,99					685.248,24
6	1.937.645,53	1.099.117,07					838.528,46
7	2.066.087,61	1.107.197,10				291.271	

TASA DE DESCUENTO DEL 12%

operación	Costos totales	Beneficios totales	Factor de actualización 12,0%	Costos actualizados	Beneficios actualizados	Flujo neto de efectivo act.
0	0	0	1,000	0,00	0,00	0,00
1	1.140.027	1.076.893	0,893	1.017.880,96	961.511,98	-56.368,97
2	893.805	1.162.661	0,797	712.535,99	926.866,41	214.330,41
3	943.135	1.301.184	0,712	671.304,67	926.157,01	254.852,34
4	943.135	1.400.328	0,063	58.945,92	87.520,50	28.574,58
5	1.047.508	1.732.756	0,041	43.109,02	71.309,65	28.200,63
6	1.099.117	1.937.646	0,030	32.619,28	57.504,89	24.885,61
7	1.107.197	2.357.359	0,023	25.709,22	54.738,09	29.028,87
Total	**7.173.923**	**10.968.827**		**2.562.105,06**	**3.085.608,52**	**523.503,47**

B/C =	**1,20**	**Se acepta**

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

• Se realizó el diagnóstico de la situación actual de los equipos electromecánicos, analizando la tendencia de los valores registrados, como es el tiempo de funcionamiento entre fallos, el tiempo de reparación, el número de paradas, en cada uno de los equipos

• Se determinó el valor de la disponibilidad de los equipos, se puede evidenciar que de los 8 equipos, solo uno supera el 90% de disponibilidad, 6 tienen valores de disponibilidad entre el 80 y 90%, y un equipo tiene un valor de disponibilidad menor al 80% (77.3%), lo cual demuestra que existe la planificación del mantenimiento, así como también una gestión en cuanto a todo el proceso de mantenimiento, desde el reporte de la falla, el suministro de materiales, almacenes, etc.

• Se hizo el diseño de las operaciones y tareas a realizar en los sistemas mecánicos, eléctricos y de control, con programaciones de mantenimiento preventivo semanal, mensual y semestral; así mismo se plantea la supervisión de la ejecución del plan de mantenimiento.

• Se determinó el incremento del indicador de disponibilidad al implementar el plan de mantenimiento. Se concluye que en promedio, el valor del indicador de disponibilidad sin aplicar el mantenimiento de todos los equipos es de 85.35% y al aplicar el mantenimiento preventivo, con las supervisiones correspondientes, es de 93.69% es decir un incremento de 8.3%, que es significativo, debido a que es proporcional al tiempo de funcionamiento de los equipos, con lo cual se garantiza la productividad.

• Se realizó la evaluación económica y se obtuvo un valor actual neto de 1872.96, una tasa interna de retorno de 78% mensual, indicadores que hace factible la ejecución del proyecto.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda establecer medios de comunicación directa entre el personal operario de los equipos con el personal de administración, para que se tenga el abastecimiento de los repuestos de manera oportuna, así como también la prestación de servicios de terceros; además se debe establecer estándares mínimos de calidad de los repuestos, a fin de que el periodo de vida de éstos sea duradera.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ardila, J., Ardila. M., Rodríguez, D. y Hincapié, D. (2016). La gerencia del mantenimiento: una revisión. Dimensión Empresarial 14(2), 127-142. Recuperado de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiVyZmD067jAhXaI7kGHWg3CWgQFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.scielo.org.co%2Fpdf%2Fdiem%2Fv14n2%2Fv14n2a09.pdf&usg=AOvVaw2g_3QfFCZJT-PiFsmcEmEm

Cárcel, F. (2016). Características de los sistemas TPM y RCM en la ingeniería del mantenimiento. 3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme, 5(3), 68-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n3e19.68-75/>.

Cuatrecasas, l. y Ttorrell, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management.*. España: Profit Editorial I.

Del Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (2007). Investigación Fundamentos y Metodología. México: Pearson Educación.

Fernández, H. (2018). Aplicación de tpm para la reducción de costos de mantenimiento de los motores de propulsión de las patrulleras marítimas de la marina de guerra del Perú, 2018. Recuperado de http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/22893?show=full

García, S. (2012). *Mantenimiento correctivo en centrales de ciclo combinado: Operación y mantenimiento de centrales de ciclo combinado Teoría y práctica de la calidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Gonzáles, J. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.* Madrid: Editorial Fundación Confemental. 462p. ISBN: 84-96169-49-9

Hernández, R., Férnandez, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación.* México : Pearson Educación.

INEGI, catálogo: “El ABC de los indicadores de productividad”. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/otras/abc-rod.pdf. ISBN: 0-9165299-36-4

López, R. (2018). Implementación del TPM para mejorar la calidad de servicio en equipos de aire acondicionado, brindado por la empresa Corporación metal frio del Perú SAC, Comas, 2018. Recuperado de http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/22923?show=full

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM, MA*. USA: Productivity Press. 286pp.

Rivera, E, (2011). Sistema de gestión del mantenimiento industrial. Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/1661/rivera_re.pdf;jsessionid=A06AB100AA5407827F6494B5FE4FEEC6?sequence=1

Sacristán, F. (2001). Manual del mantenimiento integral en la empresa. Recuperado de https://www.casadellibro.com/libro-manual-de-mantenimiento-integral-en-la-empresa/9788495428189/781919

Sánchez, A. (2016). Análisis de la situación del mantenimiento industrial en España basado en una encuesta on-line. Recuperado de http://hdl.handle.net/10251/70141

Sandoval, D. (2017). Aplicación de tpm en el proceso de transportador de caja para mejorar la productividad de la línea 1 en la planta Backus y Johnson, Lambayeque. Recuperado de http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/1910

Sangüesa, M. (2006). *Teoría y práctica de la calidad.* España: Ediciones Paraninfo, 2006. 271p. ISBN: 978-84-9732-406-9

Seminario, L. (2017). Implementación del mantenimiento productivo total (tpm) para incrementar la eficiencia de las máquinas cnc de una empresa metal mecánica Lima - Perú 2017. Recuperado de http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/23173?show=full

Susuki, T. (1992). *New Directions for TPM, Productivity Press*: Cambridge: MA 121 ISBN: 1-56327-036-6

Anexos

Anexo 01

Ficha de revision documentaria

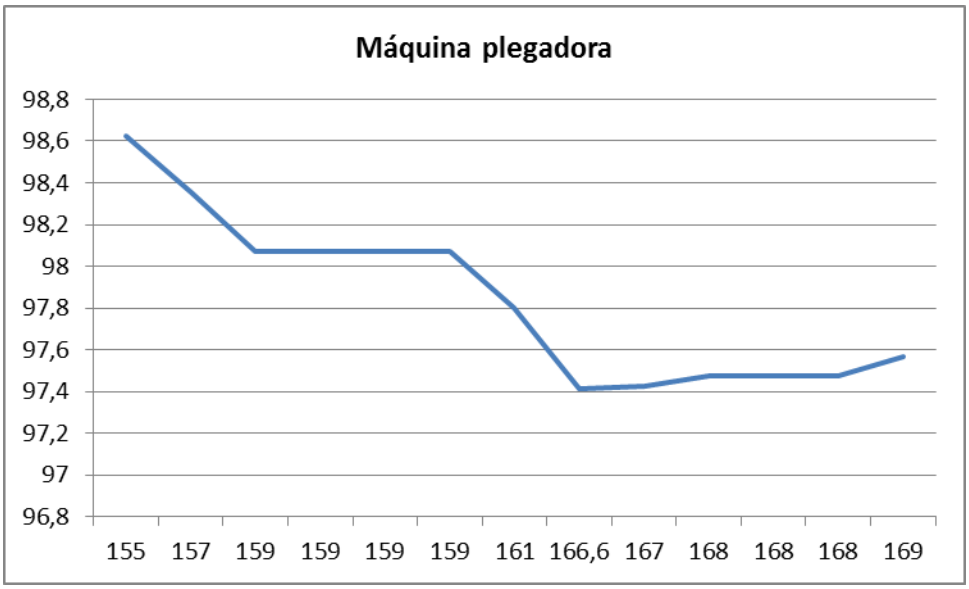
		FICHA DE REVISIÓN DOCUMENTARIA							
Tipo de Fuente	Libro		Revista		Manual		Norma		Otro
Nombre de la Fuente									
Nombre del Documento									
Título / Asunto									
Volumen									
Tomo / Legajo									
Folio / Página									
Lugar y Fecha del Doc									
Autor									
Ubicación de la Fuente									
CONTENIDO									

Anexo 02

Cálculo de la probabilidad de falla de los demás equipos, determinados con el método de Weibull.

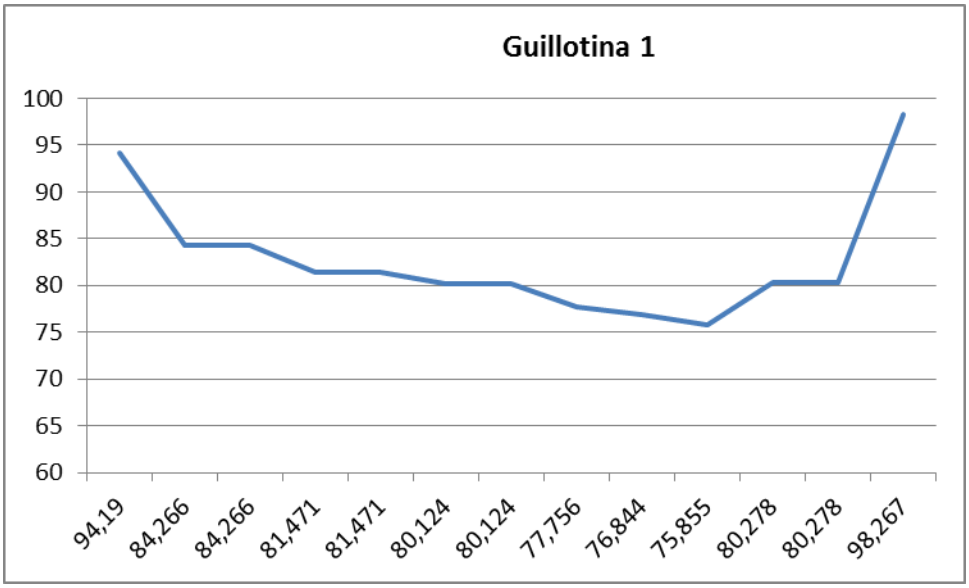
Maquina plegadora

Tiempo de Funcionamiento Máquina plegadora	Confiabilidad %
155	98.623
157	98.351
159	98.070
159	98.070
159	98.070
159	98.070
161	97.801
166.6	97.416
167	97.425
168	97.477
168	97.477
168	97.477
169	97.570



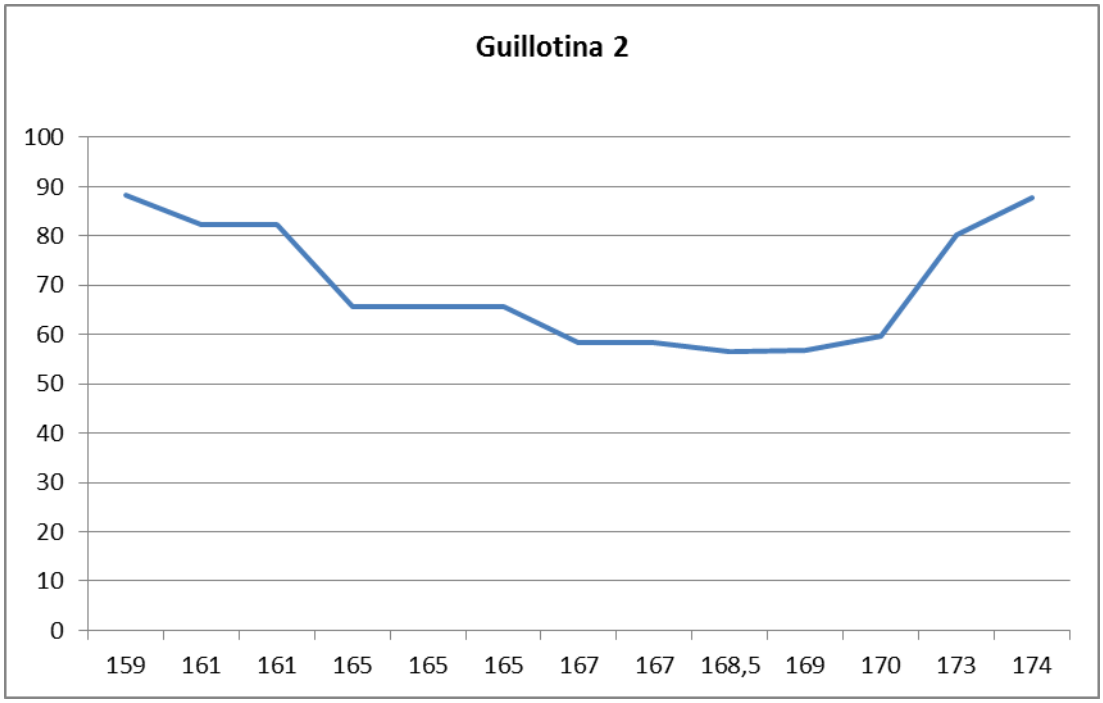
Guillotina 1

Tiempo de Funcionamiento Guillotina 1	Confiabilidad %
137	94.190
146	84.266
146	84.266
148	81.471
148	81.471
149	80.124
149	80.124
151	77.756
152	76.844
154.8	75.855
159	80.278
159	80.278
168	98.267



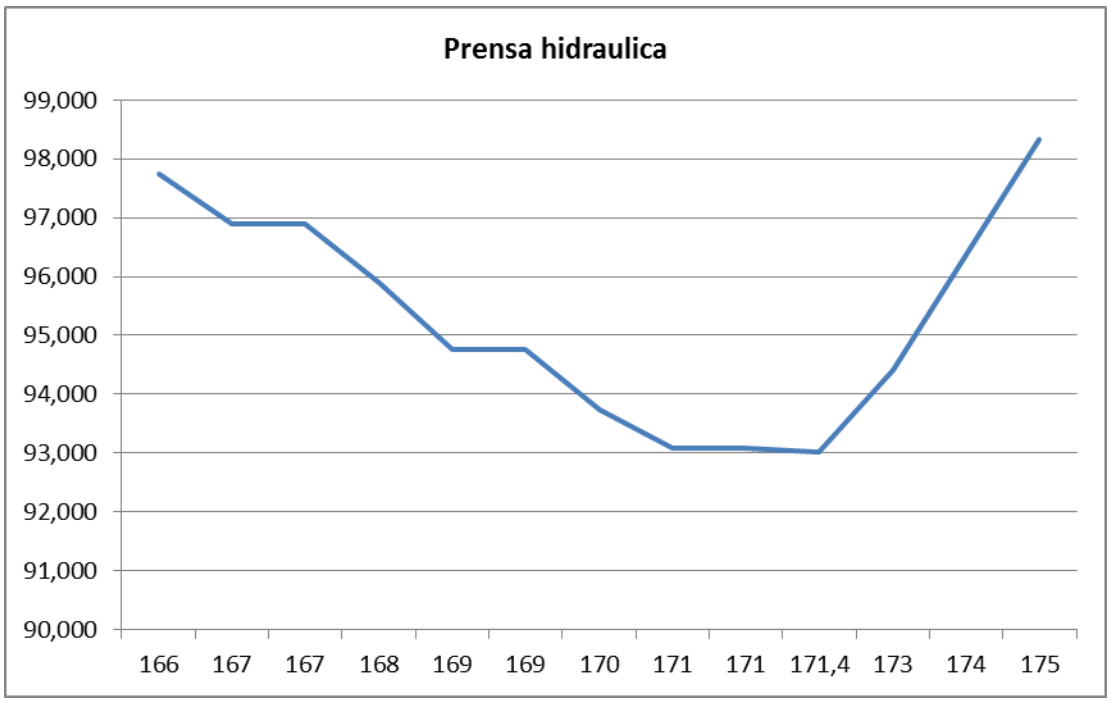
Guillotina 2

Tiempo de Funcionamiento Guillotina 2	Confiabilidad %
159	88.181
161	82.220
161	82.220
165	65.649
165	65.649
165	65.649
167	58.358
167	58.358
168.5	56.435
169	56.863
170	59.615
173	80.216
174	87.789



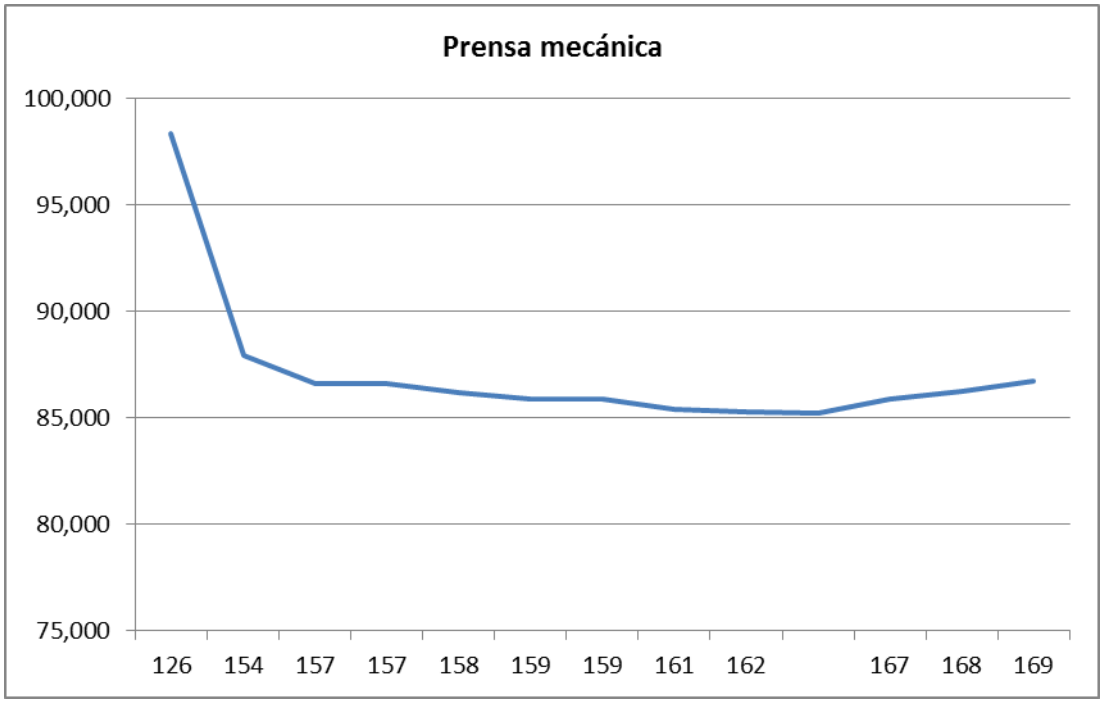
Prensa hidráulica

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Prensa hidráulica	Confiabilidad %
166	97.737
167	96.905
167	96.905
168	95.891
169	94.770
169	94.770
170	93.725
171	93.081
171	93.081
171.4	93.024
173	94.411
174	96.377
175	98.333



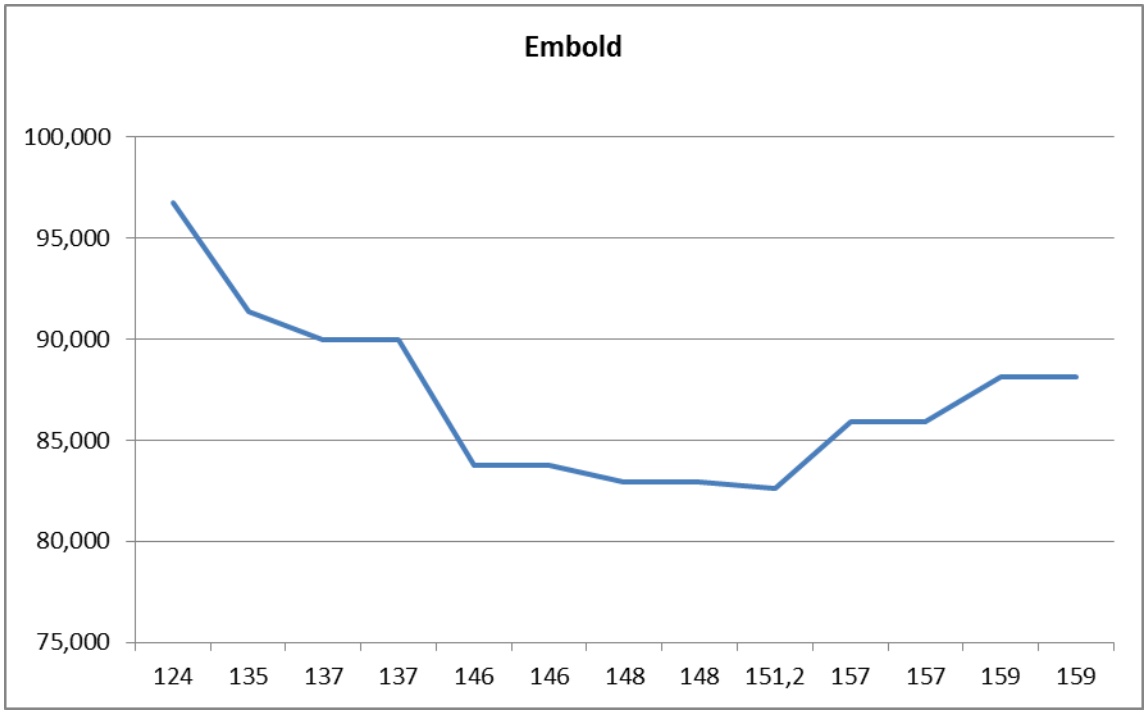
Prensa mecánica

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Prensa mecánica	Confiabilidad %
126	98.350
154	87.924
157	86.567
157	86.567
158	86.188
159	85.858
159	85.858
161	85.378
162	85.242
	85.229
167	85.846
168	86.245
169	86.737

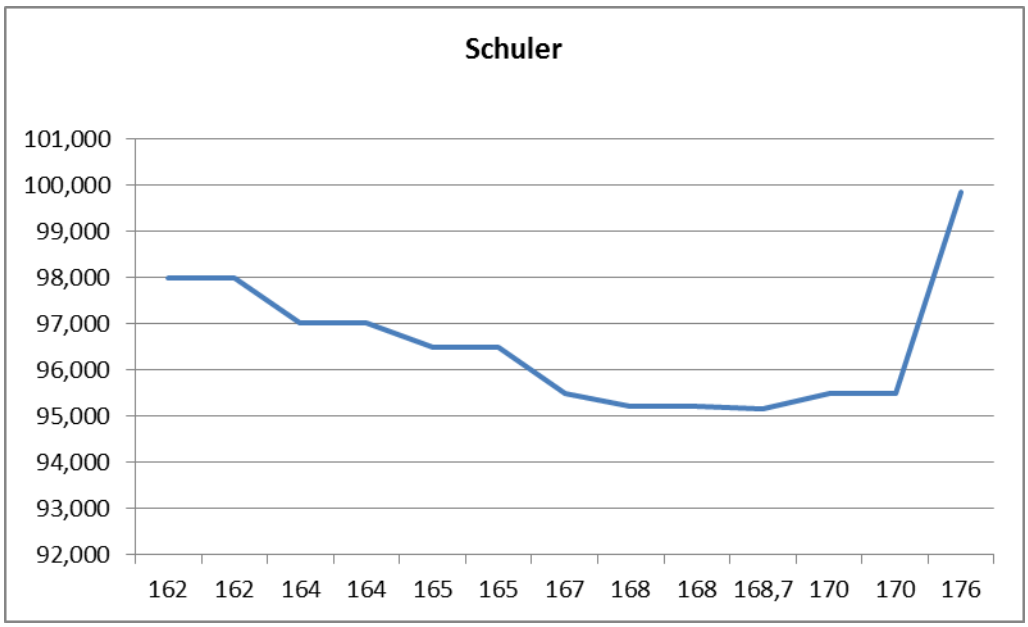


Embold

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Embold	Confiabilidad %
124	96.779
135	91.361
137	89.978
137	89.978
146	83.787
146	83.787
148	82.950
148	82.950
151.2	82.594
157	85.906
157	85.906
159	88.113
159	88.113



Schuler

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Schuler	Confiabilidad %
162	98.004
162	98.004
164	97.033
164	97.033
165	96.490
165	96.490
167	95.510
168	95.223
168	95.223
168.7	95.170
170	95.493

	170	95.493
	176	99.846