



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de
maquinaria en el Molino Galan EIRL, Guadalupe, 2021.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial**

AUTORES:

Hernandez Cotrina, Jorge Miguel. ([0000-0001-9348-665X](#))

Serrano Bringas, Jose Alexander ([0000-0003-0272-9607](#))

ASESOR:

Mg. Marcos Alejandro Robles Lora. ([0000-0001-6818-6487](#))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHEPÉN – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, quien me dio la fortaleza para continuar en este proceso difícil y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres José y María, a quienes le debo la vida, les agradezco ser el pilar más importante, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional junto a sus buenos hábitos y valores me han ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino, a toda mi familia por siempre brindarme su apoyo incondicional, por sus consejos y motivación en todo momento.

Serrano Bringas, José Alexander.

Dedico este trabajo a Dios por seguir dándome vida y permitirme llegar a donde estoy ahora. A mis padres, que desde pequeño me inculcaron la disciplina y las ganas de luchar por un sueño.

Para mí abuela, que ahora se encuentra en el cielo y siempre creyó en mí. También a mis hijos, que son mis ganas de salir adelante y a mis hermanos, que siempre he contado con su apoyo incondicional.

Hernández Cotrina, Jorge Miguel.

Agradecimiento

Agradezco a Dios porque no dejó que me rindiera en estos años de carrea y sentí el apoyo que me daba en cada momento que pensaba dejarlo todo y rendirme, él tiene un propósito de vida para mí y estoy seguro que parte de ello es que logre dar por culminada mi carrea y ser un profesional de éxito. Mis infinitas gracias a mis padres porque dan día a día lo mejor de ellos para mí y son mi ejemplo a seguir, vieron como desde cero iba logrando mis objetivos y jamás me desanimaron, todo lo contrario, me impulsan para seguir logrando mucho más, le agradezco a mi hermana porque siempre conté con ella y me anima en cada momento triste, por haberme tomado de la mano e impulsarme a conseguir todas mis metas y objetivos siendo juntos un gran equipo, estoy tan agradecido con mi familia, porque en cada momento me recalcaron la felicidad que les he dado al ponerle mucho esfuerzo y dedicación a mis estudios y he tomado eso como un pulso y sacar lo mejor de mí para hacerlos sentir muy orgullosos. El mayor agradecimiento a cada uno de los docentes, con quienes siempre llevo alguna anécdota o recuerdo suyo, ellos también son los que están de inicio a fin en mi formación académica, son quienes dieron en cada momento lo mejor en cada clase impartida y me ayudaron a lograr el entendimiento para poder continuar y me siento muy agradecido por ello.

- *Serrano Bringas, José Alexander.*
- *Hernández Cotrina, Jorge Miguel.*

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. MÉTODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y Diseño de la investigación.....	10
3.2. Variables y operacionalización.....	10
3.3. Población, muestra y unidad de análisis.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimiento.....	13
3.6. Métodos de análisis de datos.....	14
3.7. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN.....	53
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS	59
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. N° de ocurrencias en la semana 1 – febrero.....	16
Tabla 2. N° de ocurrencias en la semana 2 – febrero.....	17
Tabla 3. N° de ocurrencias en la semana 3 – febrero.....	18
Tabla 4. N° de ocurrencias en la semana 4 – febrero.....	19
Tabla 5. N° de frecuencias de los factores de la problemática.....	20
Tabla 6. Índice de frecuencias.....	21
Tabla 7. Evaluación interna por áreas.....	23
Tabla 8. Análisis FODA del área de Mantenimiento.....	24
Tabla 9. Matriz de evaluación de factores internos. MEFI.....	25
Tabla 10. Matriz de evaluación de factores externos.....	26
Tabla 11. Tiempo medio entre fallas (MTBF).....	28
Tabla 12. Tiempo medio de reparación (MTRR).....	30
Tabla 13. Disponibilidad de maquinaria.....	32
Tabla 14. Inventario de equipos y máquinas de la empresa.....	34
Tabla 15. Análisis de criticidad de maquinaria.....	35
Tabla 16. Historial de fallos/averías de la máquina Selectora.....	37
Tabla 17. Historial de fallos/averías de la máquina Pre limpia.....	37
Tabla 18. Codificación de las máquinas críticas.....	37
Tabla 19. Actividades de mantenimiento.....	41
Tabla 20. Cronograma de actividades.....	44
Tabla 21. Tiempo medio entre fallas (MTBF).....	45
Tabla 22. Tiempo medio de reparación (MTRR).	47
Tabla 23. Disponibilidad de maquinaria.....	49
Tabla 24. Cuadro comparativo de disponibilidad.	50

Índice de figuras

Figura 1. Diseño de investigación.....	10
Figura 2. Diagrama de Ishikawa.....	15
Figura 3. Diagrama de Pareto.....	18
Figura 4. Valores ponderados MEFI y MEFE.....	23
Figura 5. Tiempo medio entre fallas.....	25
Figura 6. Tiempo medio de reparación.....	27
Figura 7. Disponibilidad de maquinaria.....	29
Figura 8. Análisis de criticidad de maquinaria.....	36
Figura 9. Ficha técnica máquina selectora.....	38
Figura 10. Ficha técnica máquina pre limpia.....	39
Figura 11. Hoja de vida máquina selectora.....	40
Figura 12. Hoja de vida máquina pre limpia.....	40
Figura 13. Instructivo máquina selectora.....	42
Figura 14. Instructivo máquina pre limpia.....	43
Figura 15. Tiempo medio entre fallas.....	46
Figura 16. Tiempo medio de reparación.....	48
Figura 17. Disponibilidad de maquinaria.....	50
Figura 18. Prueba de normalidad, Shapiro-Wilk.....	51
Figura 19. Prueba no paramétrica Wilcoxon.	52

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como principal objetivo aplicar el mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la maquinaria en el Molino Galan E.I.R.L. La investigación es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y de diseño pre experimental donde se evaluó el comportamiento de la variable dependiente Disponibilidad producto de la aplicación del plan de mantenimiento, en el pre test y también en el post test. La población estuvo conformada por los registros de disponibilidad de la maquinaria de los meses de enero a abril del 2022, y la muestra fue igual a la población. Los instrumentos empleados para la recolección de datos fueron Guía de entrevista, Guía de observación, Ficha de registro de disponibilidad de maquinaria y Ficha de registro del proceso. Los datos fueron analizados mediante el programa SPSS, con un nivel de significancia de 0.009 ($P < 0.050$) mediante la prueba no paramétrica Wilcoxon. Se concluye que el mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de maquinaria en un 10.1%.

Palabras clave: Mantenimiento, disponibilidad, maquinaria.

Abstract

The main objective of this research work is to apply preventive maintenance to increase the availability of machinery in the Galan Mill E.I.R.L. The research is of an applied type, with a quantitative approach and a pre-experimental design where the behavior of the dependent variable Availability was evaluated as a result of the application of the maintenance plan, in the pre-test and also in the post-test. The population was made up of the availability records of the machinery for the months of January to April 2022, and the sample was equal to the population. The instruments used for data collection were Interview Guide, Observation Guide, Machinery Availability Record Sheet and Process Record Sheet. Data were analyzed using the SPSS program, with a significance level of 0.009 ($P < 0.050$) using the non-parametric Wilcoxon test. It is concluded that preventive maintenance improves the availability of machinery by 10.1%.

Keywords: Maintenance, availability, machinery.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, sin lugar a duda, un factor importante dentro de una empresa del sector industrial; es el correcto funcionamiento de la maquinaria y equipos que participa en su proceso productivo; comprender con qué frecuencia fallan los equipos, es la clave para prevenir el tiempo muerto imprevisto. Es vital para la continuidad y efectiva marcha de un proceso, que los equipos se mantengan en las mejores condiciones de funcionamiento, con ello se asegura una adecuada capacidad de producción (Calderón, 2020).

Hoy en día en una sociedad de constante competencia la producción es clave para el creciente, por tanto, los procesos o etapas de producción debe estar de manera activa y en constante funcionamiento, para poder satisfacer la gran demanda del mercado y poder alcanzar el objetivo planteado. Es por la gran importancia de un adecuado mantenimiento preventivo de todos los equipos y maquinarias, con la meta de evitar un mantenimiento correcto y detener la producción, el cual genera pérdidas, mediante retrasos y entregas fuera de la fecha acordadas de producción. El mantenimiento tiene una gran importancia, ya que se encarga de evitar fallas en las maquinarias y en el sistema productivo, de esa manera mantener operativo a la maquinaria y que se encuentre en un óptimo funcionamiento. El plan de mantenimiento ayuda a evitar costos en reparaciones de toda la maquinaria y de aquellas paradas de producción de fallas mecánicas de la. La filosofía que se impone, es aumentar el nivel de productividad de toda la maquinaria, lo cual reduce en gran porcentaje aquellos imprevistos o paradas en la producción e incluso accidentes laborales, con un gran aumento en su calidad y reconocimiento en el mercado de la producción (Sánchez, Cesáreo, Alarcón y Martínez, 2021).

Según Minagri (2017), en el país, el rubro molinero cuenta con una capacidad de 991.9 t/hr. esto equivale unos 8,000,000.00 de toneladas anuales; hoy en día solo el 30% de su total de capacidad está operativa, lo cual evidencia la total pérdidas que viene obteniendo este rubro, a pesar sus esfuerzos por encontrar la solución.

En este contexto y escenario se encuentra la empresa guadalupana Galan E.I.R.L., la cual es una de las importantes de dicha localidad del Valle. Esta organización brinda el servicio de pilado y secado de arroz, tanto a los agricultores de las diferentes parcelas y hacendados de la provincia como a clientes menores de la ciudad (ciudadanos). En el proceso productivo del pilado de arroz, para la obtención del producto principal: arroz pilado (extra, superior, añejo y super extra), polvillo y ñelen, el equipo de investigación pudo determinar, durante la etapa de pre test ciertos factores en la maquinaria encargada de transformar la materia prima en producto terminado, de las cuales se conoce que existen múltiples averías que han venido dándose desde hace ya $\frac{1}{2}$ medio año de manera continua, también se vio reflejado en los registros del jefe de máquinas, en los múltiples tiempos de parada de maquinaria, debido a las fallas y averías que venían suscitándose. Una muestra de ello es que durante el mes de julio y agosto del año 2021 ocurrieron 15 fallas en la maquinaria, lo que ocasiono un tiempo de inoperatividad de maquinaria de 50 horas en esos dos periodos de tiempo. Lo que sin duda refleja que no se hizo una planificación de mantenimiento de los equipos de producción, esta conclusión se pudo afirmar en futuras visitas cuando se evidenció la carencia de un documento donde se refleje el plan de mantenimiento, los objetivos y procedimientos a seguir para cada una de las maquinarias y de ese modo prolongar su vida útil y asegurar su disponibilidad para la producción.

A esto se suma que la empresa tampoco viene realizando una gestión adecuada de indicadores tanto de eficiencia, eficacia y productividad de las operaciones y el proceso como tal, donde a partir de ello tampoco se evidenció que se cuenten con un historial exacto de fallos, averías de la maquinaria.

Otro factor que influye en la problemática es el grado de capacitación y aptitud de los operarios maquinarias en cuanto a la práctica de tareas básicas de mantenimiento como limpieza, lubricación, etc.

Todos estos factores problemáticos pueden generar pérdidas mayores para la empresa, como el deterioro progresivo de las maquinas hasta dejarlas inoperativas, lo que conllevará a gastos muy elevados en el mantenimiento correctivo o en su defecto en el reemplazo de cada activo dañado (compras de

nueva maquinaria). Con esa finalidad se justifica esta investigación y buscar siempre la mejora continua.

Todo esto conlleva a formular la siguiente pregunta de investigación ¿De qué manera el mantenimiento preventivo logra incrementar la disponibilidad de maquinaria en el Molino de arroz Galan EIRL?

Esta investigación se justifica de manera teórica, porque permite evaluar la confiabilidad de las teorías y conocimientos relacionados al mantenimiento preventivo y disponibilidad de los equipos. También se justifica de forma metodológicamente, porque el investigador propone alternativas de medición de variables las cuales servirán de apoyo y consulta para nuevas investigaciones en este campo de la ingeniería. Así mismo se justifica de manera práctica, ya que, la disponibilidad, permite asegurar el mayor tiempo de trabajo neto y funcionamiento de la maquinaria, de esa manera mejorar la producción en la empresa.

El objetivo principal de este trabajo es aplicar el mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la maquinaria en el Molino Galan, y cuyos objetivos específicos son; analizar y evaluar la situación actual de la empresa, diseñar y ejecutar el plan de mantenimiento preventivo y evaluar los resultados obtenidos después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo.

La hipótesis de este trabajo es: el mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de maquinaria de la empresa Molino Galan E.I.R.L.

II. MARCO TEÓRICO

Se analizaron y revisaron trabajos similares a esta investigación que aborden las mismas variables o se orienten al mismo objetivo, determinando que, en el ámbito internacional, el trabajo de Santos, Salgado y Martínez (2018). El objeto principal fue aplicar un plan de mantenimiento preventivo en los equipos de una empresa eólica. Se trabajó con una investigación aplicada, de diseño pre experimental. Se tuvo como población al conjunto de datos de eficiencia y disponibilidad de los equipos eólicos. Durante el proceso inicial de prueba, se emplearon los instrumentos de observación y fichas de registro del proceso. El resultado de este trabajo se determinó gracias a la obtención de un MTBF de 45 horas/avería y un MTRR de 2.3 horas/avería. Se concluye que la disponibilidad de los equipos fue del 90%, representando esto una mejora del 12%.

Por su parte, Duany y Herrera (2018), en su revisión ejecutada en una empresa cubana. El objetivo a cumplir en este trabajo fue aplicar el mantenimiento preventivo en la entidad, este trabajo fue de tipo aplicada y pre experimental. Se tuvo como población y muestra a los datos de disponibilidad de la maquinaria, donde los instrumentos empleados en el recojo de la información fueron la observación de campo y fichas de registro de la maquinaria. El resultado de este trabajo se evidenció en un indicador de tiempo medio de trabajo de 79 horas por cada avería y un tiempo de reparación de 3.2 horas por cada falla afectada a la maquinaria. Se concluye que la disponibilidad fue del 98%, lo que representó un aumento del 34% en relación al resultado del análisis pres test.

También se revisaron trabajos previos aplicados en el Perú, como el de Canahua (2021), quien mediante de su investigación también logró aplicar el mantenimiento preventivo en una entidad metalmecánica. El investigador propuso como finalidad mejorar la disponibilidad y eficiencia global de los equipos mediante la aplicación del mantenimiento preventivo. Este trabajo tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y de diseño pre experimental. La población y muestra la conformaron los registros de disponibilidad de la maquinaria de los 3 meses de prueba inicial. Se usaron como instrumentos la observación de campo y las fichas de registro de los

procesos. El resultado de este trabajo se vio reflejado en la obtención de un MTBF de 119 horas y un TMRR de 5 horas. Se concluye que la disponibilidad de maquinaria después de la aplicación fue de 99%, una mejora notoria del 15%.

Además, Moreno, Minaya y Alavedra (2017). El objetivo fue determinar la disponibilidad de la maquinaria mediante el mantenimiento preventivo. El tipo de investigación fue aplicada y de diseño pre experimental, la población y muestra abarcó todos los datos de disponibilidad del periodo inicial. Se emplearon como instrumentos a la observación de campo y fichas de registro de datos. Como resultado se obtuvo un MTBF de 45.5 horas y un MTRR de 5.4 horas. Se concluye que la disponibilidad de maquinaria obtenida fue del 95%, lo que denotó una mejora del 24%.

Por último, se revisaron aportaciones desarrolladas en la región o a nivel local, donde se muestra a Ortiz (2020), mediante su revisión en una empresa de Trujillo, cuyo objeto fue demostrar como mejora la disponibilidad de los camiones de acarreo de mineral a tajo abierto con la implementación de planes de mantenimiento. La investigación fue de tipo aplicada, de diseño pre experimental. Como población y muestra se trabajó al conjunto de registros del proceso productivo. Los instrumentos que se emplearon para el recojo de la data a analizar fueron guías de observación, guía de entrevista y fichas de registro. El autor consiguió como resultado instituir un tiempo promedio de trabajo de 112 horas por cada avería detectada y un tiempo promedio de reparación de 12 horas por cada fallo reparado. Con estos resultados se concluye que la disponibilidad fue de 94%, con una mejora del 23% en relación a lo determinada en el periodo inicial.

Finalmente, Alvines y Tongombol (2018), quienes a través de su trabajo efectuado en la ciudad de Chepén en una empresa productora de alimentos se plantearon como objetivo fue determinar el efecto en la productividad de la empresa mediante un adecuado plan de mantenimiento preventivo. El tipo de investigación fue aplicada, bajo un enfoque cuantitativo y de un diseño pre experimental. Como muestra se trabajó con 6 máquinas del proceso y la muestra fue igual a la

población. La data que se logró recopilar fue gracias a los instrumentos de la observación y fichas de registro. Como resultados de esta aplicación, los autores lograron un MTBF de 57 horas por cada fallo dado y un MTRR de 1.5 horas por cada avería atendida, concluyendo así que la disponibilidad de maquinaria fue del 97%, una mejora positiva del 24%.

Con respecto a las teorías que respaldan esta investigación, en torno a las dos variables en estudio: mantenimiento preventivo y disponibilidad, según Azoy (2018) definen mantenimiento como la agrupación de pasos que nos ayudaran a mantener la disponibilidad y buen funcionamiento de la maquinaria por un largo plazo, sin perder valor alguno (aumentar su nivel de funcionamiento) y con un adecuado rendimiento.

La gestión del mantenimiento consta de pasos para planificar un mantenimiento, conocer los puntos críticos y débiles de las maquinarias, de esa manera evitaremos el sobre costos de aquellos aspectos que no involucran tanto y perdida de materia prima a través de sistemas de organización, de esa manera se logrará realizar las reparaciones en equipos y maquinarias con mayor facilidad (Mercado y Pena, 2017).

La gestión del mantenimiento se debe elaborar una lista de todos los equipos que se encuentran en la zona trabajo, en donde indique un ítem con su respectivo código, trabajo en la cual se utilizara, el estado en que se encuentra el equipo, antes y después de haberlo utilizado, tenemos cinco (5) tipos de mantenimiento (Vargas, Estupiñán y Díaz, 2017).

También, Alfonso, Benitez y Castellano (2021) dicen que, bajo una cultura de mantenimiento, los trabajadores que se encargan de mejorar y reparar las diferentes fallas que ocurren en las maquinarias, las cuales deben ser reportadas al jefe inmediato.

El mantenimiento correctivo es el principal trabajo que se realizan en las medianas y pequeñas empresas y aunque es un mantenimiento que, con mayor

ejecución en la industria, impera desde hace algún tiempo la añadir a un programa de mantenimiento ya que a largo plazo podemos observar grandes resultados. Este mantenimiento se basa en la rápida intervención ante posibles fallas o averías que se dan en la maquinaria, en pocas palabras evita la interacción de la producción (Vargas, Estupiñán y Díaz, 2017).

Con respecto al mantenimiento preventivo, Viscaíno, Villacrés, Gallegos y Negrete (2019) dicen que la principal función es conservar el nivel de funcionamiento de la maquinaria, gracias a la reparación en puntos frágiles durante la producción, sin desvalorizar económicamente la maquinaria.

Este tipo de mantenimiento se basa en evitar posibles fallas y poder evitar fugas o fallas durante la producción. A comparación de mantenimiento correctiva, este tipo de mantenimiento se basa en reemplazar piezas o partes de la máquina que podrían ocasionar posibles fallas o roturas (Vargas, Estupiñán y Díaz, 2017).

Los autores mencionan que el mantenimiento preventivo abarca el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTRR), los cuales se calculan en base a:

$$MTBF = \left(\frac{\text{tiempo total de funcionamiento}}{N^{\circ} \text{ de fallas}} \right)$$

MTBF: tiempo medio entre fallas

$$MTRR = \left(\frac{\text{tiempo total de reparación}}{N^{\circ} \text{ de fallas}} \right)$$

MTRR: tiempo medio de reparación

El mantenimiento predictivo se basa en identificar y reportar las necesidades de la maquinaria y el buen estado de la infraestructura. Para ejecutar este, mantenimiento debemos encontrar aquellas variables físicas, (consumo excesivo de energía, temperatura no correcta, e vibración, entre muchas más variables) con la diferencia de que se encuentren posibles problemas dentro de las máquinas (Moreno, Minaya y Alavedra (2017).

Sánchez, Cesáreo, Alarcón y Martínez (2021) agrega que el mantenimiento predictivo, más conocido como un mantenimiento basado en el estado o condiciones de la máquina, ofrece muchas respuestas para tratar de reducir costos basados en métodos más tradicionales –correctivo y preventivo- de mantenimiento. En pocas palabras podemos reemplazar o sustituir aquellos elementos que no se muestran en buenas condiciones, de esa manera poder evitar aquellas intervenciones al proceso de producciones para una revisión rutinaria.

El mantenimiento predictivo es fundamental que sea realizada junto a los mismos operadores ya que son ellos quienes están en todo momento con las maquinarias y realizan actividades importantes para su diagnóstico (Fonseca, Holanda, Cabral y Reyes, 2018).

En la industria, no toda la maquinaria tiene el mismo valor de participación en el proceso productivo, por ello que se implica mayor tiempo y prioridades algunas maquinas, eso no significa que el resto de maquinaria no sea importante, de igual manera se le realiza una inspección con la diferencia que no es tan minuciosa (Carpio, 2016).

Con respecto a la variable Disponibilidad, Díaz, Murga, Quezada y Catari (2020) argumenta que el nivel de disponibilidad de una maquina se caracteriza por ser un nivel de control del rendimiento, durante un periodo determinado, basado a unos criterios como soporte y confiabilidad. La principal función de evaluar la disponibilidad es para verificar si la estrategia de mantenimiento es la adecuada. Por ellos es esencial contar con un listado de aquellas maquinas que se involucran más en el proceso de la producción, de igual manera identificando su disponibilidad y confiabilidad, siempre con objetivo de aumentar el índice de disponibilidad.

También, Morejón, Uttaro y Miranda (2018) definen disponibilidad como el indicador que mide el grado de utilización de la maquinaria en el proceso productivo a lo largo de un tiempo o periodo determinado, para lo cual se efectúa

el cálculo que se muestra a continuación:

$$\%DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} * 100$$

MTBF = Tiempo promedio entre fallas.

MTTR = cantidad de tiempo medio que se utiliza en la reparación.

El objetivo principal constantemente será elevar el MTBF y bajar todo lo posible el MTTR. Como podemos medir MTBF, se requieren en el número de horas que transcurre entre una falla y otra. Los datos obtenidos son utilizados para medir el nivel de disponibilidad de la maquinaria. Ambos índices son utilizados como referencia para la toma de decisiones dentro la de organización de la empresa (Carcel, 2015).

Las fallas deben estar principalmente relacionada con los factores de manteamiento. Todos los aspectos que afectan directamente en la producción, no son condurados defectuoso. El MTBF= (Tiempo total que la máquina está disponible para funcionar) / (Total de paradas) (Aquino y Atalaya, 2020).

Acuña (2018) Indica que el TPM es una filosofía de trabajo más completa, donde los trabajos de mantenimiento deben ser desarrolladas por personas indicadas y capacitadas en el desarrollo de los trabajos. En el esquema del anexo 2 se puede observar los niveles de problemas en donde pueden intervenir los proveedores.

Según Canahua (2021), la principal función de los pilares es reducir o eliminar perdida de la producción (anexo 3), además de que el mantenimiento compromete a todas las áreas de la producción, y no necesariamente a la de mantenimiento.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación que se utilizó en este trabajo fue aplicada, bajo un enfoque cuantitativo. Gabriel (2017) define una investigación aplicada como aquella que origina un conocimiento nuevo para la ciencia y la sociedad, lo cual ayuda y apoya en la solución de problemas.

En este trabajo se estudiaron los enfoques teóricos de las variables mantenimiento preventivo y disponibilidad.

El diseño de investigación fue experimental, de tipo pre experimental. Este tipo de diseños se basan en la manipulación de un solo grupo de estudio una o dos veces para determinar los resultados luego de mejora (Acevedo y Linares, 2018).

Se aplicó el mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria de la empresa.

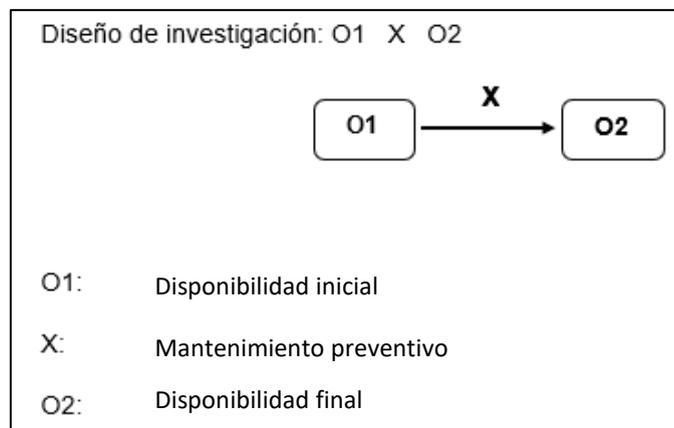


Figura 1. Diseño de investigación.

3.2. Variables y operacionalización

Carballo y Guelmes (2016) conceptualizan una variable como cualquier elemento susceptible de ser medido y analizado, además de contar con atributos y cualidades en común.

Variable independiente: Mantenimiento Preventivo.

Definición conceptual: Se basa en evitar posibles fallas y poder evitar fugas o fallas durante la producción, revisando periódicamente los equipos para reemplazar piezas o partes de la máquina que podrían ocasionar posibles fallas o averías (Vargas, Estupiñán y Díaz, 2017).

Definición operacional: (Vargas, Estupiñán y Díaz, 2017) mencionan que el mantenimiento preventivo abarca el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTRR).

Indicadores: $MTBF = ((\text{tiempo total de funcionamiento}) / (\text{N}^\circ \text{ de fallas}))$ y $MTRR = ((\text{tiempo total de reparación}) / (\text{N}^\circ \text{ de fallas}))$.

Escala de medición: Fue de razón. Actis y Balsa (2017) manifiestan que en esta escala se estudian datos numéricos donde desde el cero al nueve, formando datos casi infinitos de medición.

Variable dependiente: Disponibilidad.

Definición conceptual: Morejón, Uttaro y Miranda (2018) definen disponibilidad como el indicador que mide el grado de utilización de la maquinaria en el proceso productivo a lo largo de un tiempo o periodo determinado.

Definición operacional: La disponibilidad se mide en relación de la disponibilidad de maquinaria (Morejón, Uttaro y Miranda, 2018).

Indicadores: $\text{Disponibilidad} = ((MTBF) / (MTBF + MTRR)) \times 100$

Escala de medición: Fue de razón.

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

3.3.1. **Población:** “Una población es la agrupación de elementos o sujetos que comparten una serie de similitudes” (Hernández, Fernández y Baptita, 2018). En este trabajo la población en estudio comprendió los registros de

disponibilidad de la maquinaria de los meses de enero a abril del 2022, en el cual se pudo obtener los datos de las máquinas en el proceso productivo.

Criterios de inclusión: Se incluyó en la población, a aquellos registros de disponibilidad de los meses de febrero y marzo del 2022.

Criterios de exclusión: Se excluyó de la población a los registros de los meses de enero y abril del 2022.

3.3.2. **Muestra:** Ventura (2017) define una muestra como “la pequeña parte de una población, que comparten las mismas propiedades y caracteres”.

La muestra fue igual a la población, la cual la conformó los registros de disponibilidad de maquinaria de los meses de febrero y marzo para el pretest y los meses de abril y mayo para el post test.

El muestreo fue por conveniencia de los investigadores y de un tipo no probabilístico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

“En toda investigación existe una gran variedad de técnicas las cuales pueden ser utilizadas en trabajos de campo. Estas técnicas representan la forma en la que se decide registrar la información del campo estudiado, de base al tipo de investigación” Pulido (2016).

En cuanto a los instrumentos de recolección, De Santacruz, Tamayo, Camacho y Rodríguez (2016) comenta que “Se refiere a todos los objetos materiales que se llega a utilizar durante la investigación, los cuales nos pueden servir para la recolección de datos o almacenar información”.

Se emplearon las técnicas de la Entrevista, Observación y Análisis documental, con los instrumentos (1) Guía de entrevista para poder recolectar información respecto a la coyuntura actual de la empresa en relación a la problemática (anexo 5), (2) Guía de observación con la finalidad de identificar los pros y contras del área de mantenimiento en base a su problemática (anexo 6), (3) Ficha de registro de los

tiempos de operación de la maquinaria (anexo 7) y (4) Ficha de registro de la disponibilidad inicial de la maquinaria (anexo 8).

En el objetivo específico dos, se empleó la técnica de Análisis documental con el instrumento Ficha de registro del proceso de aplicación del mantenimiento preventivo, donde se registraron cada una de las etapas de este proceso (anexo 9). Y, además, se hizo uso de la técnica de Análisis documental para el desarrollo del objetivo específico 3, con el instrumento Ficha de registro de disponibilidad post aplicación (anexo 10).

Validez: Los instrumentos fueron validados por 3 expertos de la Universidad César Vallejo por medio de su juicio y evaluación de acuerdo a lo que se pretende recolectar con cada uno de ellos.

Laurencio, Aguirre, Casco y Anaya (2018) argumentan que la validez se alcanzan resultados confiables en un trabajo.

Confiabilidad: La información que se recolectó en cada uno de los instrumentos fueron registros verdaderos de la organización, los cuales únicamente fueron utilizados para fines de investigación, y en ello se basó dicha confiabilidad.

Terán, Martínez y Ramírez (2020) dicen que la confiabilidad se basa en cuán preciso es el instrumento en medir lo real y lo que se pretende alcanzar.

3.5. Procedimiento

Un procedimiento refiere a la secuencia ordenada del trabajo realizado con el propósito de lograr un objetivo o cumplir una meta (Ocampo, Pérez y Sánchez, 2018).

En primer lugar, y dando cumplimiento al objetivo específico uno, el equipo de trabajo programó una reunión presencial con el gerente de la organización para poder llevar a cabo la entrevista, en la cual se recolectó la información acerca de la problemática de la empresa vista desde una perspectiva de la gerencia. Luego, se realizó un recorrido por el área de producción y se logró identificar ciertas

deficiencias y problemas (figura 1) que acontecía el área.

Y, además, se realizó el cálculo de la disponibilidad de maquinaria en base a la data analizada del área de producción y el trabajo realizado por la maquinaria.

Para el desarrollo del objetivo específico dos, se llevó a cabo la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la maquinaria, para lo cual se siguieron varias etapas desde la codificación e inventario y criticidad de maquinaria hasta la elaboración de las fichas técnicas y hojas de vida de las máquinas críticas.

Y, por último, para poder cumplir con el objetivo específico tres, y ya aplicado el plan de mantenimiento, se dispuso a determinar el indicador post evaluación de la disponibilidad de la maquinaria y calcular la mejora en cuanto a los resultados del periodo inicial.

3.6. Métodos de análisis de datos

En esta investigación se empleó dos tipos de análisis de datos:

- Análisis descriptivo: Este análisis se basó en la descripción de los resultados de cada uno de los objetivos por medio de la representación de cuadros, tablas, gráficos y figuras, debidamente interpretadas.
- Análisis inferencial: Mediante este análisis estadístico se realizó la contrastación de la hipótesis por medio del programa SPSS v.25, haciendo uso de la prueba no paramétrica de Wilcoxon. También se realizó una prueba de normalidad de los datos de disponibilidad de la maquinaria que determinó su tipo de comportamiento que ayudó en la elección del tipo de prueba elegida para la hipótesis.

3.7. Aspectos éticos:

Según Rétali (2017), en una investigación, la ética es todo aquel carácter y principio que pueda garantizar un correcto desarrollo de un trabajo de investigación, donde

los autores deben de poner en práctica aspectos como lealtad y originalidad. En esta investigación, se seguirán los principios de la norma ISO 690 para referencias y citas y los lineamientos de UCV en si documento “Productos observables de investigación”. A continuación, se muestran los factores de ética que se puso en práctica en este trabajo:

- Este trabajo es original.
- Todo lo citado será referenciado y viceversa.
- Se usó el formato de citas y referencias ISO 690-2.
- Esta investigación es consentida.
- La información tendrá sólo fines de investigación.

IV. RESULTADOS

OE1: Análisis de la gestión actual del mantenimiento en la empresa.

El equipo de trabajo mediante el uso del instrumento de Guía de entrevista ha logrado identificar cuáles son las causas principales que originan el problema en el área de mantenimiento, para lo cual se expone el siguiente diagrama de Ishikawa:

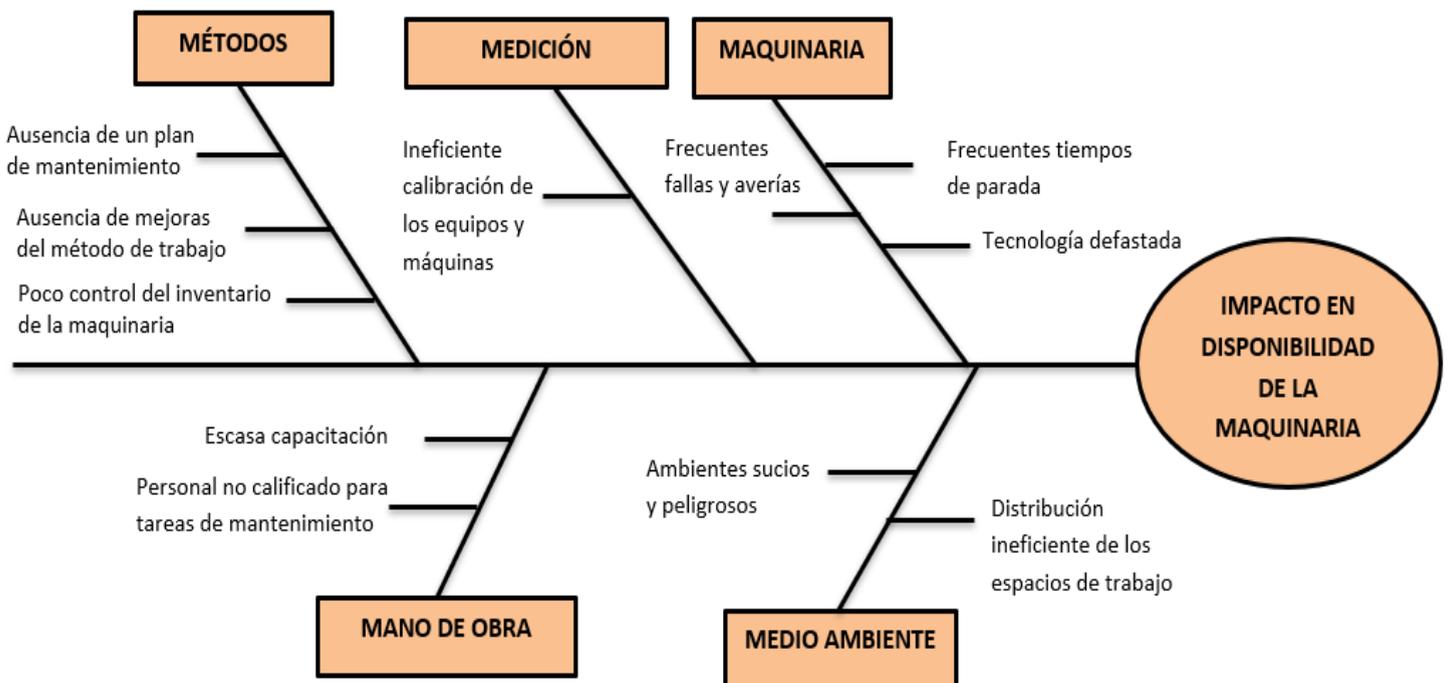


Figura 2. Diagrama de Ishikawa.

La figura 2 muestra el conjunto de causas que impactan en la disponibilidad de la maquinaria de la empresa, donde se determinó que existía frecuentes tiempos de paradas, fallas y averías de la maquinaria y la ausencia de un plan de mantenimiento, entre otros.

A continuación, se detalla el número de ocurrencias detectadas por cada factor en el mes de evaluación (febrero, 2022), mediante un check list.

Tabla 1. N° de ocurrencias en la semana 1 – febrero.

CHECK LIST DE LAS OCURRENCIAS DE LA PROBLEMÁTICA								
FACTOR	MES: FEBRERO 2022							TOTAL
	1° Semana							
	1	2	3	4	5	6	7	
A. Frecuentes fallas y averías	2	2	1	1	2	1	2	11
B. Frecuentes tiempos de parada	2	2	1	2	1	1	1	10
C. Ausencia de un plan de mantenimiento	1	1	1	1	2	1	1	8
D. Ineficiente calibración de los equipos y máquinas	1	1	2	1	1		1	7
E. Tecnología defastada	1	1	1	1				4
F. Poco control del inventario de la maquinaria	1	1					1	3
G. Ausencia de mejoras del método de trabajo			1	1				2
H. Personal no calificado para tareas de mantenimiento	1							1
I. Distribución ineficiente de los espacios de trabajo				1	1			2
J. Escasa capacitación							1	1
K. Ambientes sucios y peligrosos								0

Fuente: elaboración propia.

En la semana 1 del mes de febrero se pudieron determinar las veces que cada actor se presentaba o detectaba ya sea en el proceso como en las instalaciones, equivaliendo a un total de 49 ocurrencias.

Tabla 2. N° de ocurrencias en la semana 2 – febrero.

CHECK LIST DE LAS OCURRENCIAS DE LA PROBLEMÁTICA								
FACTOR	MES: FEBRERO 2022							TOTAL
	2° Semana							
	1	2	3	4	5	6	7	
A. Frecuentes fallas y averías	2	2	1	1	2	1	2	11
B. Frecuentes tiempos de parada	2	2	1	2	1	1	1	10
C. Ausencia de un plan de mantenimiento	1	3	1	1	2	1	1	10
D. Ineficiente calibración de los equipos y máquinas	1	1	2	1	1		1	7
E. Tecnología defastada	1		1	1				3
F. Poco control del inventario de la maquinaria	1						1	2
G. Ausencia de mejoras del método de trabajo		1	1					2
H. Personal no calificado para tareas de mantenimiento	1	1						2
I. Distribución ineficiente de los espacios de trabajo					1			1
J. Escasa capacitación							1	1
K. Ambientes sucios y peligrosos			1					1

Fuente: elaboración propia.

En la segunda semana se pudieron determinar 50 ocurrencias en conjunto de los factores de la problemática de la compañía.

Tabla 3. N° de ocurrencias en la semana 3 – febrero.

CHECK LIST DE LAS OCURRENCIAS DE LA PROBLEMÁTICA								
FACTOR	MES: FEBRERO 2022							TOTAL
	3° Semana							
	1	2	3	4	5	6	7	
A. Frecuentes fallas y averías	2	2	1	1	2	1	2	11
B. Frecuentes tiempos de parada	2	2	1	2	2	1	1	11
C. Ausencia de un plan de mantenimiento	1	1	1	1		1	1	6
D. Ineficiente calibración de los equipos y máquinas	1	1		1	1		1	5
E. Tecnología defastada	1			1				2
F. Poco control del inventario de la maquinaria	1						1	2
G. Ausencia de mejoras del método de trabajo		1	1					2
H. Personal no calificado para tareas de mantenimiento	1	1						2
I. Distribución ineficiente de los espacios de trabajo					1			1
J. Escasa capacitación								0
K. Ambientes sucios y peligrosos			1					1

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la tercera semana, en número de veces decreció a 43 ocurrencias.

Tabla 4. N° de ocurrencias en la semana 4 – febrero.

CHECK LIST DE LAS OCURRENCIAS DE LA PROBLEMÁTICA								
FACTOR	MES: FEBRERO 2022							TOTAL
	4° Semana							
	1	2	3	4	5	6	7	
A. Frecuentes fallas y averías	2	2	1	1	2	1	2	11
B. Frecuentes tiempos de parada	2	2	1	2	1	1	1	10
C. Ausencia de un plan de mantenimiento	1	1	1	1	1	1	1	7
D. Ineficiente calibración de los equipos y máquinas	1	1		1	1		1	5
E. Tecnología defastada	1			1				2
F. Poco control del inventario de la maquinaria	1						1	2
G. Ausencia de mejoras del método de trabajo		1	1					2
H. Personal no calificado para tareas de mantenimiento	1							1
I. Distribución ineficiente de los espacios de trabajo					1			1
J. Escasa capacitación		1						1
K. Ambientes sucios y peligrosos			1					1

Fuente: elaboración propia.

Y en la cuarta semana se pudieron determinar 43 ocurrencias en conjunto de los factores de la problemática de la compañía.

Tabla 5. N° de frecuencias de los factores de la problemática.

CÓDIGO	Causa	PERIODO: FEBRERO 2022				TOTAL
		1° semana	2° semana	3° semana	4° semana	
A	frecuentes fallas y averías	11	11	11	11	44
B	Frecuentes tiempos de parada	10	10	11	10	41
C	Ausencia de un plan de mantenimiento	8	10	6	7	31
D	Ineficiente calibración de los equipos y máquinas	7	7	5	5	24
E	Tecnología defastada	4	3	2	2	11
F	Poco control del inventario de la maquinaria	3	2	2	2	9
G	Ausencia de mejoras del método de trabajo	2	2	2	2	8
H	Personal no calificado para tareas de mantenimiento	1	2	2	1	6
I	Distribución ineficiente de los espacios de trabajo	2	1	1	1	5
J	Escasa capacitación	1	1	0	1	3
K	Ambientes sucios y peligrosos	0	1	1	1	3

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5 se muestra el número de ocurrencias detectas o que se han presentado de cada una de las causas de la problemática a lo largo del mes de febrero, producto de las visitas realizadas a la empresa, esta cifra ascendió a 185.

Tabla 6. Índice de frecuencias.

Causas	Frecuencia	%	% Acumulado
A. Frecuentes fallas y averías	44	24%	24%
B. Frecuentes tiempos de parada	41	22%	46%
C. Ausencia de un plan de mantenimiento	31	17%	63%
D. Ineficiente calibración de los equipos y máquinas	24	13%	76%
E. Tecnología desfasada	11	6%	82%
F. Poco control del inventario de la maquinaria	9	5%	86%
G. Ausencia de mejoras del método de trabajo	8	4%	91%
H. Personal no calificado para tareas de mantenimiento	6	3%	94%
I. Distribución ineficiente de los espacios de trabajo	5	3%	97%
J. Escasa capacitación	3	2%	98%
K. Ambientes sucios y peligrosos	3	2%	100%
TOTAL	185	100%	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6 ha realizó un análisis de todas estas causas para determinar cuáles son las más críticas en base al número de incidencias dadas a lo largo del tiempo, donde resaltan por encima de las demás las frecuentes fallas y averías, los frecuentes tiempos de parada, la ausencia de un plan de mantenimiento, la deficiente actividad de calibración de los equipos y máquinas y la tecnología desfasad; estas causas son las más críticas según el análisis de Pareto, y si se logra mejorar el 20% de estas se solucionarán el 80% de las consecuencias que puedan afectar a la disponibilidad de la maquinaria de la empresa.

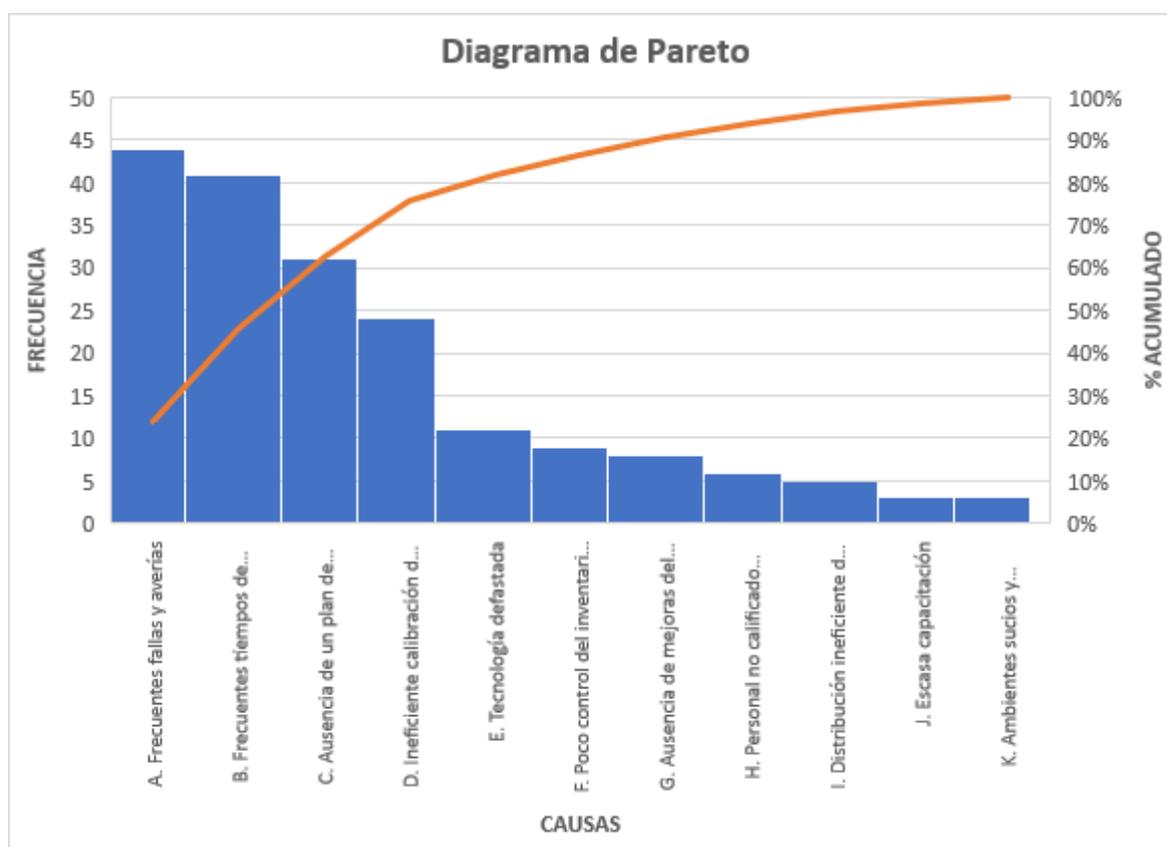


Figura 3. Diagrama de Pareto.

La figura 3 muestra el diagrama de Pareto, donde se aprecia que el 82% de los problemas de la empresa corresponden a fallas y averías, tiempos frecuentes de parada, ausencia de un plan de mantenimiento y el déficit en la calibración de los equipos.

Así mismo, con el uso del instrumento Guía de observación se ha llevado a cabo un análisis interno por áreas (AMOFHIT), el análisis FODA y la evaluación de los factores internos (MEFI) y externos (MEFE), los cuales se muestran en las siguientes tablas:

ÁREA	SITUACIÓN EMPRESARIAL
ADMINISTRACIÓN Y GERENCIA (A)	<ul style="list-style-type: none"> - La misión, visión y objetivos no se encuentran debidamente establecidos. - Existe una adecuada comunicación entre los funcionarios. - Existe un buen clima laboral. - Se administra de manera eficiente el pago de salarios y remuneraciones al personal.
MARKETING, VENTAS Y MERCADO (M)	<ul style="list-style-type: none"> - Se conoce a detalle las necesidades del cliente. - El mercado es el adecuado para la empresa. - La publicidad no es aplicada como debe ser. - Los precios son los adecuados para los clientes.
OPERACIONES (O)	<ul style="list-style-type: none"> - Los productos son procesados mediante maquinarias de molienda de origen alemán. - Los procesos son llevados a cabo por 10 operarios. - Se prioriza obtener un producto de calidad. - Gestión de indicadores de productividad.
FINANZAS Y CONTABILIDAD (F)	<ul style="list-style-type: none"> - El financiamiento de la empresa es mediante créditos bancarios y capital propio. - No existe un contador que lleve las cuentas de la empresa.
RECURSOS HUMANOS (H)	<ul style="list-style-type: none"> - No se imparte capacitaciones a los trabajadores - La gestión del talento humano es deficiente. - Puntualidad de los pagos al personal.
SISTEMA DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (I)	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de información de la organización. - No se cuenta con computadoras en la oficina. - No existe un sistema integrado de gestión.
TECNOLOGÍA, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (T)	<ul style="list-style-type: none"> - La maquinaria donde se lleva a cabo los procesos es antigua. - No existe investigación y desarrollo de nuevos productos.

Tabla 7. Evaluación interna por áreas.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la evaluación interna de las áreas de Administración, Marketing, Operaciones, Finanzas, RR. HH, Sistema de Información y Tecnología de la empresa, detallando los aspectos encontrados en este análisis previo.

Tabla 8. Análisis FODA del área de Mantenimiento.

	FORTALEZAS (F)	DEBILIDADES (D)
FACTORES INTERNOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Personal responsable. 2. Compromiso de los operarios. 3. Máquinas y equipos operativos 4. Capacidad de respuesta ante una avería. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ausencia de un plan de mantenimiento. 2. Personal poco capacitado. 3. Ineficiente calibración de los equipos y máquinas. 4. Personal no calificado para tareas de mantenimiento. 5. Tecnología desfasada. 6. Poco control del inventario de la maquinaria.
	OPORTUNIDADES (O)	AMENAZAS (A)
FACTORES EXTERNOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crecimiento empresarial. 2. Aumento de la confianza del cliente y proveedores. 3. Mejores resultados de rentabilidad. 4. Alianza con empresas terceras. 5. Adquisición de tecnología de punta. 6. Implementación de un plan de mantenimiento. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frecuentes fallas y averías 2. Frecuentes tiempos de parada 3. Pérdida de activos (máquinas y equipos). 4. Pandemias (Covid-19) 5. Cortocircuitos, incendios.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 8 se muestra el diagnóstico del área, donde se evidenciaron 4 fortalezas, 5 amenazas, 6 debilidades y 6 oportunidades del área de mantenimiento de la empresa.

Tabla 9. Matriz de evaluación de factores internos. MEFI

FACTOR INTERNO CLAVE	VALOR	CALIFICACION	VALOR PONDERADO
FORTALEZAS			
Operarios responsables	0.10	4	0.40
Compromiso con el trabajo	0.15	4	0.60
Máquinas y equipos operativos	0.15	4	0.60
Capacidad de respuesta ante una avería	0.10	4	0.40
	0.50		2.00
DEBILIDADES			
Ausencia de un plan de mantenimiento	0.10	3	0.30
Personal poco capacitado	0.10	2	0.20
Ineficiente calibración de los equipos y máquinas	0.10	3	0.30
Personal no calificado para tareas de mantenimiento	0.10	3	0.30
Poco control del inventario de la maquinaria	0.10	3	0.30
	0.50		1.40
TOTAL	1.00		3.40

Fuente: elaboración propia.

En la evaluación de los factores internos, se identificaron 4 fortalezas y 5 debilidades, de las cuales se obtuvo una puntuación total de 3.40, el cual toma el valor de “Y” en el plano cartesiano para determinar las estrategias a emplear. Estos resultados son producto del valor asignado a cada aspecto y la calificación destinada.

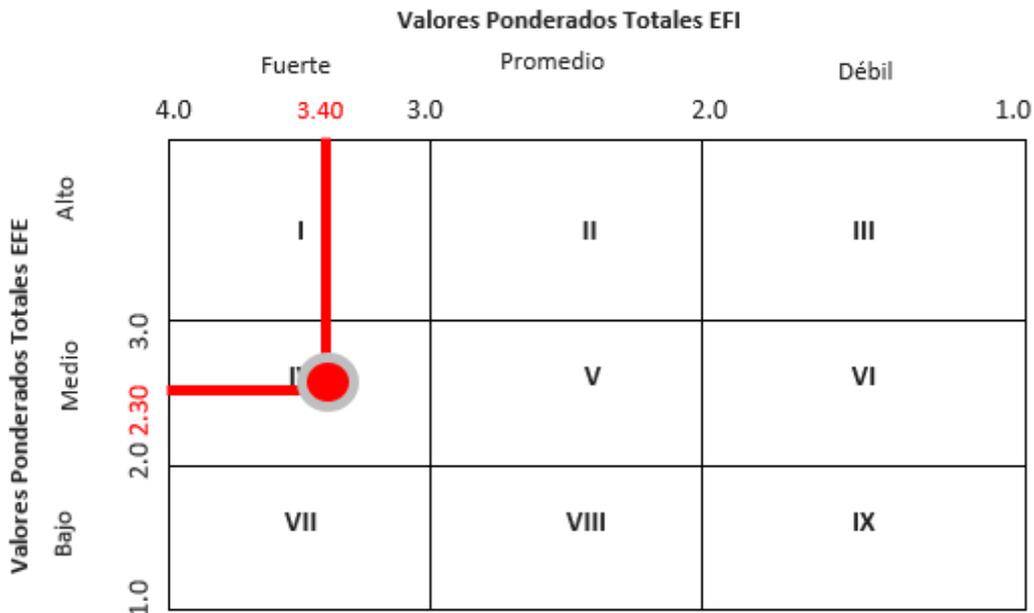
Tabla 10. Matriz de evaluación de factores externos.

FACTOR EXTERNO CLAVE	VALOR	CLASIFICACION	VALOR PONDERADO
OPORTUNIDADES			
Implementación de un plan de mantenimiento	0.10	2	0.20
Aumento de la confianza del cliente y proveedores	0.10	1	0.10
Mejores resultados de rentabilidad	0.10	4	0.45
Alianza con empresas terceras	0.15	3	0.40
Adquisición de tecnología de punta	0.15	2	0.30
	0.60		1.45
AMENAZAS			
Frecuentes fallas y averías	0.10	2	0.30
Frecuentes tiempos de parada	0.05	1	0.05
Pérdida de activos (máquinas y equipos)	0.05	2	0.10
Pandemias (Covid-19)	0.10	2	0.30
Cortocircuitos, incendios	0.10	1	0.10
	0.40		0.85
TOTAL	1.00		2.30

Fuente: elaboración propia.

En la evaluación de los factores externos, se identificaron 5 oportunidades y 5 amenazas de las cuales se obtuvo una puntuación total de 2.30. Este puntaje toma el valor de "X" en el plano cartesiano para establecer las estrategias a emplear. Estos resultados son producto del valor asignado a cada aspecto y la calificación destinada.

EMPRESA	VALOR PONDERADO EFE	VALOR PONDERADO EFI
ZULEIKA	2.30	3.40



- I-II-IV:** Estrategias intensivas y de integración.
- III-V-VII:** Estrategias de penetración de mercados y desarrollo de productos.
- VI-VIII-IX:** Estrategias defensivas.

Figura 4. Valores ponderados MEFI y MEFE.

Los valores ponderados de MEFI y MEFE sitúan a la empresa en el cuadrante IV, el cual representa la aplicación de estrategias intensivas y de integración para sobresalir en el mercado, las cuales hacen referencia a: llevar el producto a nuevos mercados, desarrollar un producto innovador y tomar el control sobre los proveedores y clientes, de tal modo que administre toda la cadena de valor.

En base a las puntuaciones de la evaluación interna y externa, se concluye que la empresa deberá de optar por estrategias intensivas y de integración.

Por consiguiente y con la ayuda del instrumento Ficha de registro, se procedió a calcular los indicadores iniciales de disponibilidad de las máquinas.

Tabla 11. Tiempo medio entre fallas (MTBF).

PERIODO 2022		Tiempo medio entre fallas (MTBF)		
SEMANA	Tiempo total de funcionamiento (h)	N° de fallas	MTBF (tiempo total de funcionamiento/n° de fallas)	
Sem. 1 febrero	49	2	24.50	
Sem. 2 febrero	42	3	14.00	
Sem. 3 febrero	49	2	24.50	
Sem. 4 febrero	42	2	21.00	
Sem. 5 marzo	42	2	21.00	
Sem. 6 marzo	49	3	16.33	
Sem. 7 marzo	42	2	21.00	
Sem. 8 marzo	42	2	21.00	
			20.42	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 11 se puede apreciar el tiempo medio entre fallas (MTBF), el cual en promedio es de 20.42 horas por cada fallo a avería dada.

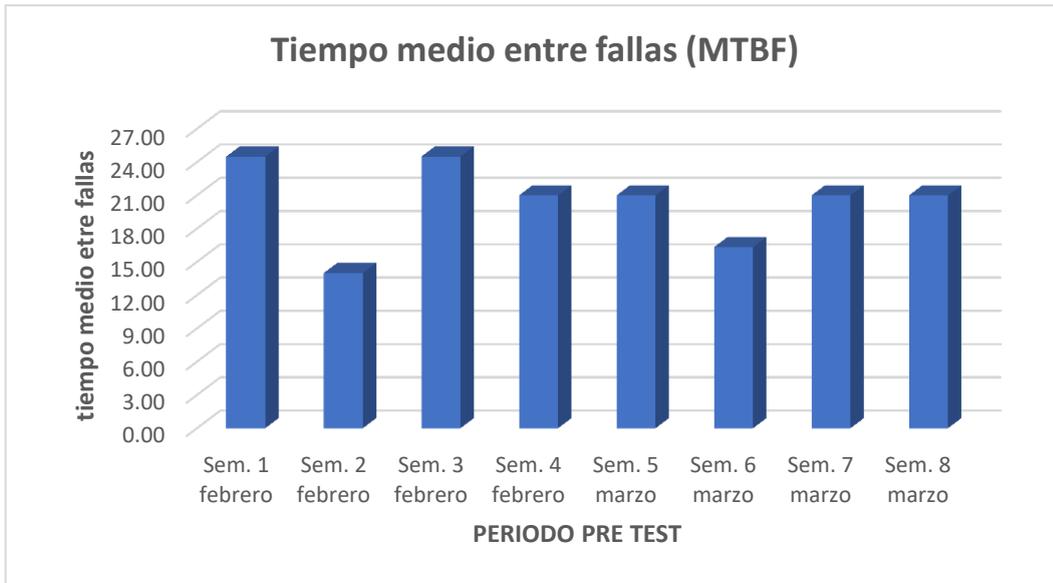


Figura 5. Tiempo medio entre fallas.

En la figura 5 se puede apreciar el comportamiento del MTBF a lo largo de las semanas de evaluación, en promedio el tiempo medio entre fallas fue de 20.42, lo que significa que cada 20.42 horas de trabajo de la maquinaria se suscita una avería o falla.

Tabla 12. Tiempo medio de reparación (MTRR).

PERIODO 2022 SEMANA	Tiempo medio de reparación (MTRR)		
	Tiempo total de inactividad (h)	N° de fallas	MTRR (tiempo total de inactividad/n° de fallas)
Sem. 1 febrero	7	2	3.50
Sem. 2 febrero	6	3	2.00
Sem. 3 febrero	7	2	3.50
Sem. 4 febrero	6	2	3.00
Sem. 5 marzo	6	2	3.00
Sem. 6 marzo	6	3	2.00
Sem. 7 marzo	6	2	3.00
Sem. 8 marzo	6	2	3.00
			2.88

Fuente: elaboración propia

En la tabla 12 se aprecia el tiempo medio de reparación (MTRR), el cual en promedio fue de 2.88 horas de tiempo de reparación por cada fallo a avería suscitada.

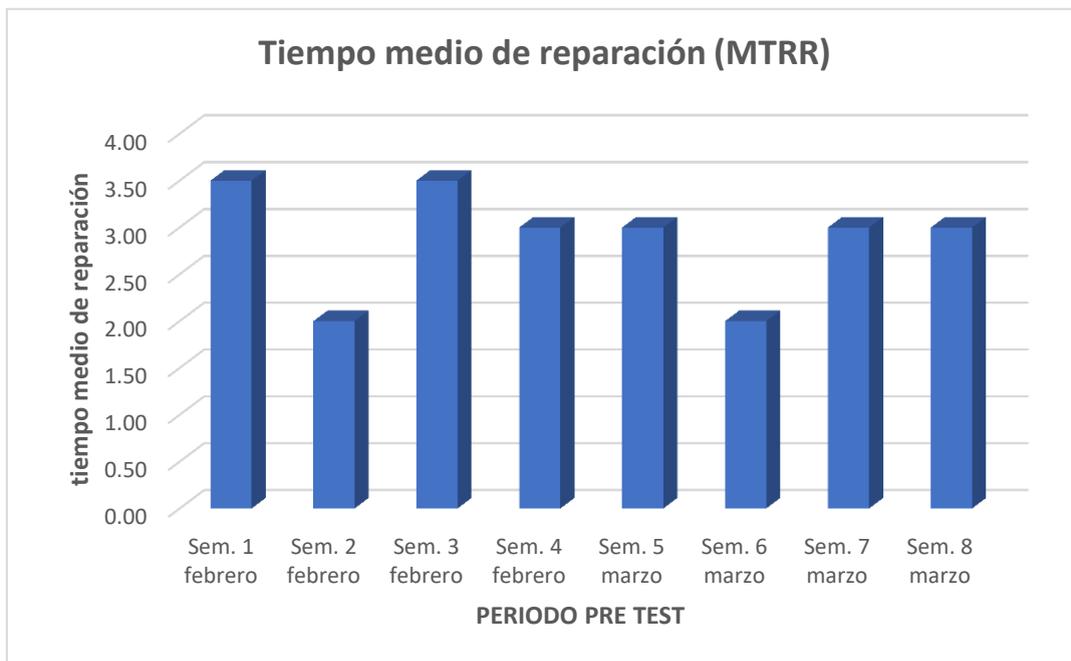


Figura 6. Tiempo medio de reparación.

En la figura 6 se puede apreciar el tiempo medio de reparación durante las 6 semanas de evaluación, el cual fue de 2.88 en promedio, interpretándose que cada falla o avería ocurrida toma 2.88 horas en reparar.

Tabla 13. Disponibilidad de maquinaria.

PERIODO 2022	Disponibilidad de Maquinaria (D)			
	SEMANA	MTBF	MTRR	MTBF/(MTBF + MTRR) x 100
Sem. 1 febrero	24.50	3.50		87.50%
Sem. 2 febrero	14.00	2.00		87.50%
Sem. 3 febrero	24.50	3.50		87.50%
Sem. 4 febrero	21.00	3.00		87.50%
Sem. 5 marzo	21.00	3.00		87.50%
Sem. 6 marzo	16.33	2.00		89.09%
Sem. 7 marzo	21.00	3.00		87.50%
Sem. 8 marzo	21.00	3.00		87.50%
				87.70%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 13 se muestra la disponibilidad de la maquinaria de la empresa en la etapa inicial de evaluación, donde en promedio se obtuvo un 87.70% de disponibilidad para llevar a cabo el proceso.

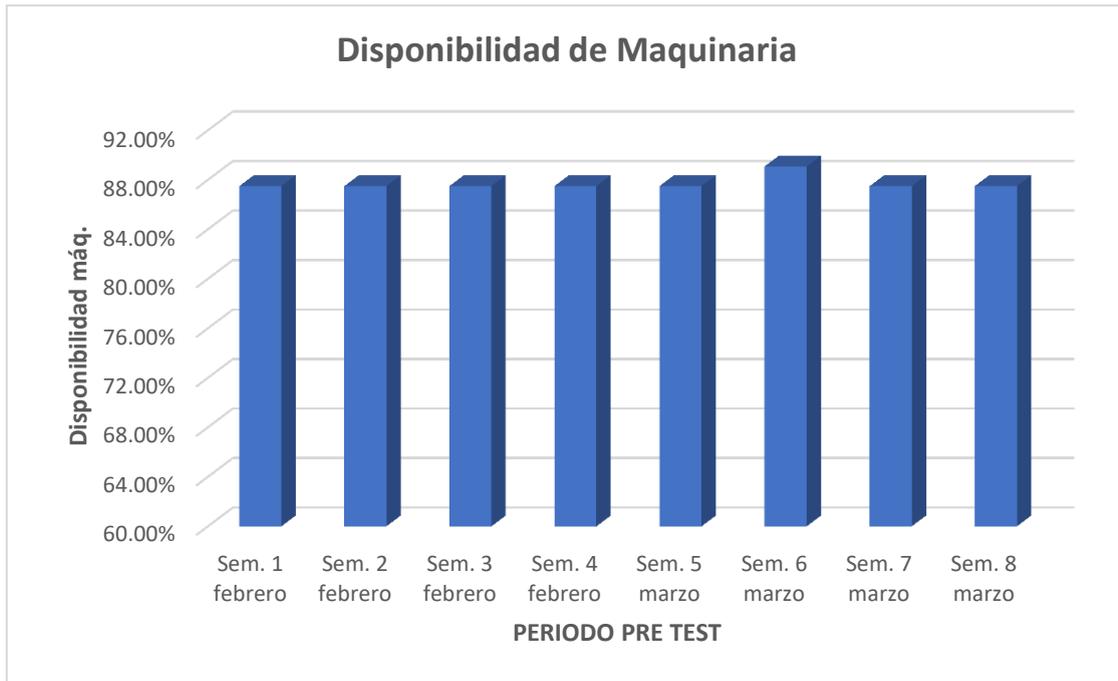


Figura 7. Disponibilidad de maquinaria.

En la figura 7 se muestra la disponibilidad inicial de la maquinaria durante el periodo de pre test, la cual en promedio fue del 87.70%.

OE2: Diseño y ejecución del plan de mantenimiento preventivo.

1° etapa: Localización de activos.

En esta etapa, se identifica cada una de las máquinas del proceso productivo del arroz pilado y se especifica su distribución dentro de cada área de trabajo de la empresa.

Para ello, los investigadores han diseñado 2 diagrama y 2 planos:

- Plano de distribución de instalaciones de la organización.
- Diagrama de representación de los activos de la empresa.
- Diagrama de localización de los activos en el área productiva (procesos).
- Plano de distribución de la localización de los activos dentro de las distintas áreas de la entidad.

Estas representaciones gráficas se muestran en los anexos 13, 14, 15 y 16.

2° etapa: Inventario y codificación de activos.

Tabla 14. Inventario de equipos y máquinas de la empresa.

AREA DE TRABAJO	EQUIPO	CODIGO
A	Elevador	ELEV – 1
A	Maquina pre limpia	MPL – 2
A	Faja transportadora	FTP – 3
A	Elevador	ELEV – 4
A	Elevador	ELEV – 5
A	Maquina Descascaradora	MDS – 6
A	Elevador	ELEV – 7
A	Circuito cerrado	CRC – 8
A	Elevador	ELEV – 9
A	Meza Paddy	MZP – 10
A	Elevador	ELEV – 11
A	Maquina Pulidora	MAP – 12
A	Elevador	ELEV – 13
A	Maquina Clasificadora	MCS – 14
A	Elevador	ELEV – 15
A	Maquina Abrillantadora	MAT – 16
A	Elevador	ELEV – 17
A	Zaranda	ZRD – 18
A	Elevador	ELEV – 19
A	Maquina Clasificadora	MCF – 20
A	Elevador	ELEV – 21
A	Maquina selectora	MST – 22
A	Tolva de Llenado	TDLL – 23
B	Compresora	MCP – 24
B	Bomba de agua	BDA- 25

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 14 se detalla cada uno de los activos del área de producción con sus respectivos códigos de serie y su ubicación en torno al área o zona de trabajo. La entidad dispone de un total de 25 activos que involucra el sistema productivo.

3° etapa: Análisis de criticidad.

Tabla 15. Análisis de criticidad de maquinaria.

PERIODO: 4° TRIMESTRE 2021						
CÓDIGO	MÁQUINA/EQUIPO	N° DE FALLOS	TIEMPO DE REPARACIÓN (h)	TIEMPO TOTAL (h)	COSTO HORA (S/)	COSTO TOTAL
MPL – 2	Máquina pre- limpia	5	1.3	6.5	S/40.00	S/260.00
MDS – 6	Descascaradora	3	1	3	S/40.00	S/120.00
MZP – 10	Mesas PADDY	2	0.5	1	S/40.00	S/40.00
MAP – 12	Pulidora	2	1.0	2	S/40.00	S/80.00
MCS – 14	Clasificadora	2	0.5	1	S/40.00	S/40.00
MAT – 16	Abrillantadora	2	1.0	2	S/40.00	S/80.00
MST – 22	Selectora	4	2	8	S/50.00	S/400.00
ELEV – 1	Elevador	2	1.0	2	S/40.00	S/80.00
ZRD – 18	Zaranda	1	1	1	S/40.00	S/40.00
MCP – 24	Calibradora	1	1	1	S/40.00	S/40.00
		TOTAL	24		TOTAL	S/1,180.00

4° etapa: Selección de máquinas críticas.

El análisis de criticidad de maquinaria determinó que los activos críticos del proceso de pilado de arroz son la máquina selectora con código MST – 22 y la máquina pre limpia con código MPL – 2. El mantenimiento preventivo llevado a cabo a partir de ahora se enfocó en estas 2 máquinas, debido a que, según el análisis, representan más del 50% del total de los costos de mantenimiento, así como también cerca del 40% de las máquinas con mayor número de fallos/averías del proceso.

A continuación, se presentan los fallos (historial) de las máquinas críticas durante su periodo de funcionamiento.

CÓDIGO	COSTO TOTAL	COSTO ACUMULADO	% ACUMULADO	N° DE FALLOS	FALLOS ACUMULADOS	% ACUMULADO
MST – 22	S/400.00	S/400.00	33.9%	4	4	16.7%
MPL – 2	S/260.00	S/660.00	55.9%	5	9	37.5%
MDS – 6	S/120.00	S/780.00	66.1%	3	12	50.0%
MAP – 12	S/80.00	S/860.00	72.9%	2	14	58.3%
MAT – 16	S/80.00	S/940.00	79.7%	2	16	66.7%
ELEV – 1	S/80.00	S/1,020.00	86.4%	2	18	75.0%
MCS – 14	S/40.00	S/1,060.00	89.8%	2	20	83.3%
ZRD – 18	S/40.00	S/1,100.00	93.2%	2	22	91.7%
MCP – 24	S/40.00	S/1,140.00	96.6%	1	23	95.8%
MZP – 10	S/40.00	S/1,180.00	100%	1	24	100%
TOTAL	S/1,180.00		TOTAL	24		

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 15 se determinó las máquinas críticas del proceso en base al porcentaje que representan cada una de los costos totales de mantenimiento, donde se extrajo que la máquina MST-22 y MPL-2 son los activos críticos con una participación de más del 55% de los costos de mantenimiento.

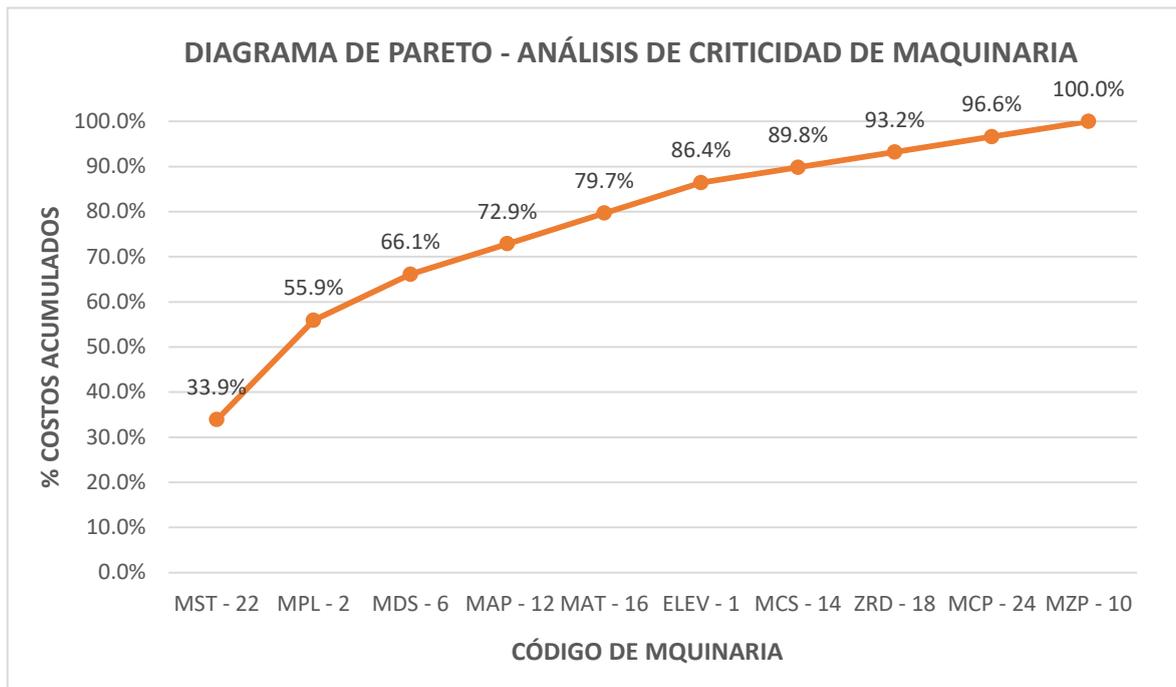


Figura 8. Análisis de criticidad de maquinaria.

En la figura 8 se muestra el diagrama de Pareto que contempla la criticidad de la maquinaria, donde se determinó que los 2 activos críticos representan más del 55% del costo total de mantenimiento.

Tabla 16. Historial de fallos/averías de la máquina Selectora.

MÁQUINA: Selectora (AMST22-1)	
Avería/Fallo	Fecha
Sensor por color descalibrado	24/05/2013
Fractura/desgaste de manguera de aire a presión	29/04/2015
Pantalla touch descompuesta	05/07/2017
Fractura/rotura de manguera de aire a presión	15/03/2022

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Historial de fallos/averías de la máquina Pre limpia.

MÁQUINA: Pre limpia (AMPL2-1)	
Avería/Fallo	Fecha
Piezas de rodamiento desgastadas	22/05/2012
Desgaste de fajas de transporte	15/02/2014
Pernos y tuercas robadas	07/03/2017
Fusibles de caja de control quemados	08/06/2021
Válvula de rodaje quemada	15/02/2022

Fuente: elaboración propia.

5° etapa: Codificación de activos críticos.

Tabla 18. Codificación de las máquinas críticas.

MÁQUINA 1:		Selectora	
AREA DE TRABAJO		A	
CÓDIGO		MST26	
POSICIÓN		1	
CODIGO GENERADO	A	MST22	1
LECTURA		AMST22-1	
MÁQUINA 2:		Pre limpia	
AREA DE TRABAJO		A	
CÓDIGO		MPL2	
POSICIÓN		2	
CODIGO GENERADO	A	MPL2	1
LECTURA		AMPL2-1	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 18 se muestra la codificación de los activos críticos de la empresa, y para ello se basó en el formato de codificación de la tarjeta maestra. Este formato se base en asignar, al código inicial del equipo en inventario, (1) el área de trabajo al que pertenece la máquina y (2) la posición que ubica en los planos de distribución de equipos. Como se muestra en el anexo 4.

6° etapa: Fichas técnicas de máquinas críticas.

MOLINO GALÁN-PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
FICHA TÉCNICA			
1. DATOS GENERALES			
EQUIPO: Máquina Selectora		CÓDIGO: AMST22-1	
MARCA: Sortex	MODELO: S Ultra Visión Tm	PESO: 1225,27Kg	
TIEMPOS DE OPERACIÓN: (X)			
JORNADA LABORAL: 8 horas	INTERMITENTE: X		
FICHA TÉCNICA Nº:1	CATÁLOGO: Sí	FECHA DE INSTALACIÓN: Mayo 2022	
1. DATOS DEL FABRICANTE Y/O REPRESENTANTE			
NOMBRE: Sortex S. A	TELÉFONO: +34 91 692 91 00	DIRECCIÓN: C/ Río 8 Polígono Industrial Las Arenas	
CIUDAD: Madrid, España	CORREO: sortexsales@buhiergroup.com	OTROS DATOS:	
2. SERVICIOS DE OPERACIÓN			
VOLTAJE: 220-240 V	AMPERAJE: 30- Am	POTENCIA: 7.4 Kw - 8.8 Kw	
NEUMÁTICA:	HIDRÁULICA:	OTROS:	
PRESIÓN DE TRABAJO: N/A	TIPO DE BOMBA: N/A	TIPO DE FLUIDO: Compresor de aire de 10 hp	
MOTOR ELECTRICO			
MARCA: Sullair	MODELO: N/A	TIPO: Z125M-4	SERIE: N/A
HP: 10 hp	RPM: 1500 rpm/min	TIPO DE FLUIDO: Aire	AMP: 34 am
OBSERVACIONES:			

Figura 9. Ficha técnica máquina selectora.

La ficha técnica del activo Selectora representa las características técnicas que el fabricante alcanza sobre el bien, resaltando tanto datos generales y específicos como la potencia, fuerza, consumo, etc.

MOLINO GALÁN-PLAN DE MATENIMIENTO PREVENTIVO			 <small>Mediadora el negocio de los Tráns. Supelqper</small>
FICHA TÉCNICA			
1. DATOS GENERALES			
EQUIPO: Máquina Pre limpia		CÓDIGO: AMPL2-1	
MARCA: MPLSX-60-ESP	MODELO: NNML	PESO: 2340 Kg	
TIEMPOS DE OPERACIÓN: (X)			
JORNADA LABORAL: 8 horas	INTERMITENTE: X		
FICHA TÉCNICA N°:2	CATÁLOGO: Sí		FECHA DE INSTALACIÓN: 10 de mayo 2022
1. DATOS DEL FABRICANTE Y/O REPRESENTANTE			
NOMBRE: SILOMAX INDUSTRIA ECOMERCIO LTDA		TELÉFONO: (43) 2101-0100	DIRECCIÓN: A. V Itamaraty N° 710- Rolândia- RP- BRASIL- CEP 86600-460- Cx. Postal 149
CIUDAD: Brasil		CORREO: comercial@silomax.com.br	OTROS DATOS:
2. SERVICIOS DE OPERACIÓN			
VOLTAJE: 220-380 V	AMPERAJE: 17- 3.4 Am		POTENCIA: 3.7 Kw - 2.22 Kw y 0.74 Kw
NEUMÁTICA:	HIDRÁULICA:		OTROS:
PRESIÓN DE TRABAJO: N/A	TIPO DE BOMBA: N/A	TIPO DE FLUIDO:	3 Motores de 5, 3 y 1cv
MOTOR ELÉCTRICO			
MARCA: Siemens	MODELO: N/A	TIPO: Y123M-4	SERIE: N/A
HP: 5-3 Y 1 CV o HP	RPM: 300, 1800 Y 600	VOLTS: 220 V- 380 V	AMP: 17- 10 Y 34 amp
OBSERVACIONES:			

Figura 10. Ficha técnica máquina pre limpia.

La ficha técnica del activo Pre limpia describe las cualidades técnicas intrínsecas del activo que el fabricante alcanza sobre el bien, resaltando tanto datos generales y específicos como la potencia, fuerza, consumo, etc.

7° etapa: Hojas de vida de máquinas críticas.

MOLINO GALÁN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		 <i>Produciendo el mejor arroz del Valle Tequelepeque</i>		
HOJA DE VIDA	Pág. 1			
HOJA DE VIDA N°	FICHA TÉCNICA	NOMBRE DEL EQUIPO	CÓDIGO DEL EQUIPO	
2	2	Selectora	AMST22-1	
UBICACIÓN	MARCA	MODELO	FECHA DE PUESTA EN MARCHA	
5	Sortex	S Ultra Visión Tm	10 de mayo 2022	
HISTORIAL DE REPARACIONES				
FECHA	ORDEN DE TRABAJO N°	DESCRIPCIÓN	REPARÓ	COSTO
05/24/2013 04/29/2015 07/05/2017 07/15/2018 07/15/2021	E08 M09 E10 E11 M09	-Descalabro de sensor por color -Fractura de manguera de aire a presión -Descalibrado de pantalla touch -Mal enfoque de cámara detectora de efectos -Fractura de manguera de aire a presión	Tercero Tercero Tercero Tercero Tercero	S/ 40.00 S/ 20.00 S/ 40.00 S/ 40.00 S/ 100.00

Figura 11. Hoja de vida máquina selectora

MOLINO GALÁN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		 <i>Produciendo el mejor arroz del Valle Tequelepeque</i>		
HOJA DE VIDA	Pág. 2			
HOJA DE VIDA N°	FICHA TÉCNICA	NOMBRE DEL EQUIPO	CÓDIGO DEL EQUIPO	
1	1	Pre limpia	AMPL2-1	
UBICACIÓN	MARCA	MODELO	FECHA DE PUESTA EN MARCHA	
2	SOLIMAX INDUSTRIA ECOMERCIO LTDA	MNNL	10 de mayo 2010	
HISTORIAL DE REPARACIONES				
FECHA	ORDEN DE TRABAJO N°	DESCRIPCIÓN	REPARÓ	COSTO
05/22/2012 02/15/2014 09/10/2015 03/07/2017 06/08/2019 06/08/2020 01/07/2022	M04 M05 M01 E01 M01 M05 M04	- Degaste de rodamiento - Desgaste de fajas - Robamiento de pernos - Volado de fusible de caja de control - Aflojado de tuercas y arandelas - Desgaste de fajas - Desgaste de rodamiento	Tercero Tercero Tercero Tercero Tercero Tercero Tercero	S/ 18.00 S/ 20.00 S/ 15.00 S/ 10.00 S/ 05.00 S/ 150.00 S/ 200.00

Figura 12. Hoja de vida máquina pre limpia.

8° etapa: Actividades de mantenimiento.

Tabla 19. Actividades de mantenimiento.

N°	Máquina	Código	Actividades	Frecuencia
1	Selectora	A1A	Limpieza e inspección	Día
		A1B	Inspección y engrase de pistones	Semana
		A1C	Inspección del aceite del motor	Quincena
		A1D	Revisión de los cables	Día
2	Pre limpia	A2A	Limpieza e inspección	Día
		A2B	Limpieza de filtros de aire	Semana
		A2C	inspeccionar estado de válvulas	Semana
		A2D	Inspección de estabilizador de voltaje	Día
		A2E	Revisar inyectores	Quincena
		A2F	Revisar estado de bandejas	Semana

Fuente: elaboración propia.

Se muestra en la tabla 19 las actividades ejecutadas de mantenimiento por cada uno de los activos críticos, las cuales se desarrollaron en periodos diarios, semanales y quincenales. Al respecto de la máquina 1, se desarrollaron 4 actividades y concerniente a la máquina 2, se llevaron a cabo 6 actividades de mantenimiento.

La representación más a detalle de estas actividades se presenta en la tabla 20, cronograma de actividades.

9° etapa: Instructivos de mantenimiento.

MOLINO GALÁN E.I.R.L PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		 <i>Produciendo el mejor arroz del Valle Tequepeque</i>	
INSTRUCTIVO (Diario)	N°1	PÁG: 1 de 2	
FECHA DE EJECUCIÓN	HORA DE INICIO	HORA DE FINALIZACIÓN	
15/01/2022	9:00 am	10:00 am	
MÁQUINA	Selectora		
CÓDIGO DE EQUIPO	CÓDIGO DE ACTIVIDAD		
AMST22-1	A1A, A1B, A1C, A1D		
PERSONAL ENCARGADO DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO			
OPERADOR		NOMBRE	
JEFE MTTO			
OPERARIO	X	Andrés Meléndez Ramírez	
CONTRATISTA			
EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO			
<ul style="list-style-type: none"> - Juego de llaves - Juego de desarmadores - Plano de la máquina - Sensor a cambiar - Multitester - EPPS - Contenedor de residuos - Alicata 			
PROCEDIMIENTO			
<ul style="list-style-type: none"> - Asegurarse del uso de EPPS - Presionar el botón de para de la maquinaria - Desconectar el equipo de la red - Limpiar e inspeccionar el equipo - Engrase de pistones - Revisar el estado y funcionamiento del motor - Verificar el estado del cableado de la máquina - Cerrar tapa de la máquina - Poner en funcionamiento la máquina asegurándose de que funcione correctamente <p>TIEMPO ESTIMADO: 1 hora</p>			
OBSERVACIONES:			

Figura 13. Instructivo máquina selectora.

<p>MOLINO GALÁN E.I.R.L PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</p>		
<p>INSTRUCTIVO (Diario)</p>	<p>N°2</p>	<p>PÁG: 2 de 2</p>
<p>FECHA DE EJECUCIÓN</p>	<p>HORA DE INICIO</p>	<p>HORA DE FINALIZACIÓN</p>
<p>20/01/2022</p>	<p>2:00 pm</p>	<p>3:30 pm</p>
<p>MÁQUINA</p>	<p>Pre-limpia</p>	
<p>CÓDIGO DE EQUIPO</p>	<p>CÓDIGO DE ACTIVIDAD</p>	
<p>AMPL2-1</p>	<p>A2A, A2B, A2C, A2D, AZE, AZF</p>	
<p>PERSONAL ENCARGADO DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO</p>		
<p>OPERADOR</p>		<p>NOMBRE</p>
<p>JEFE MTTO</p>		
<p>OPERARIO</p>	<p>X</p>	<p>Jorge Razuri Vilca</p>
<p>CONTRATISTA</p>		
<p>EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Juego de llaves - Juego de desarmadores - Grasa - Multitester - EPPS - Franela 		
<p>PROCEDIMIENTO</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Asegurarse del uso de EPPS - Presionar el botón de para de la maquinaria - Desconectar el equipo de la red - Retirar la tapa - Limpiar el equipo con franela - Revisar filtros de aire - Limpiar filtros de aire - Revisar estado de las válvulas - Revisar el voltaje del equipo - Revisar inyectores - Escanear el equipo - Tapar el equipo y asegurar - Poner en funcionamiento la máquina asegurándose de que funcione correctamente <p>TIEMPO ESTIMADO: 1.5 horas</p>		
<p>OBSERVACIONES:</p>		

Figura 14. Instructivo máquina pre limpia.

10° etapa: Cronograma de actividades de mantenimiento.

Tabla 20. Cronograma de actividades.

MÁQUINA	CÓDIGO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	PERIODO: enero 2022																											
				Semana 1						Semana 2						Semana 3						Semana 4									
				L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S				
Selectora	A1A	Limpieza e inspección	Día	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	A1B	Inspección y engrase de pistones	Semana				x						x						x								x				
	A1C	Inspección del aceite del motor	Quincena																											x	
	A1D	Revisión de los cables	Día	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Pre limpia	A2A	Limpieza e inspección	Día	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	A2B	Limpieza de filtros de aire	Semana					x						x																x	
	A2C	inspeccionar estado de válvulas	Semana			x							x																		
	A2D	Inspección de estabilizador de voltaje	Día	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	A2E	Revisar inyectores	Quincena																												x
	A2F	Revisar estado de bandejas	Semana	x							x																				

Fuente: elaboración propia.

En el cronograma visto anteriormente se muestran cada una de actividades de mantenimiento ejecutadas por el equipo de investigación. En la semana 1 se desarrollaron las actividades A1A, A1B, A1D, A2A, A2B, A2C, A2D y A2F. Bajo esa secuencia y en base a la frecuencia de ejecución se desarrollaron las actividades de mantenimiento en las siguientes 3 semanas.

OE3: Evaluación de los resultados obtenidos luego de la aplicación.

Tabla 21. Tiempo medio entre fallas (MTBF).

PERIODO 2022 SEMANA	Tiempo medio entre fallas (MTBF)		
	Tiempo total de funcionamiento (h)	N° de fallas	MTBF (tiempo total de funcionamiento/n° de fallas)
Sem. 1 abril	56	1	56.00
Sem. 2 abril	48	1	48.00
Sem. 3 abril	56	1	56.00
Sem. 4 abril	48	1	48.00
Sem. 5 mayo	48	1	48.00
Sem. 6 mayo	56	1	56.00
Sem. 7 mayo	48	1	48.00
Sem. 8 mayo	48	1	48.00
			51.00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 21 se puede apreciar el tiempo medio entre fallas (MTBF), el cual en promedio es de 51.00 horas por cada fallo a avería dada en la maquinaria durante el proceso.

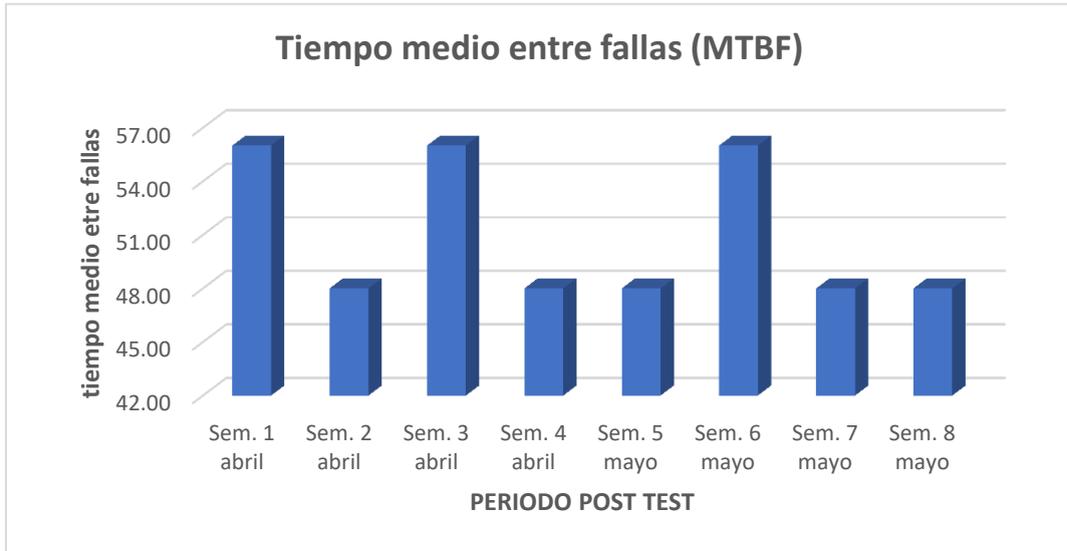


Figura 15. Tiempo medio entre fallas.

Se muestra la variación del tiempo medio entre fallas en esta etapa, donde corresponde que, en promedio, cada 51 horas de trabajo ocurre una avería o falla.

Tabla 22. Tiempo medio de reparación (MTRR).

PERIODO 2022		Tiempo medio de reparación (MTRR)	
SEMANA	Tiempo total de inactividad (h)	N° de fallas	MTRR (tiempo total de inactividad/n° de fallas)
Sem. 1 abril	1.75	1	1.75
Sem. 2 abril	2.10	1	2.10
Sem. 3 abril	2.45	1	2.45
Sem. 4 abril	1.50	1	1.50
Sem. 5 mayo	1.50	1	1.50
Sem. 6 mayo	1.50	1	1.50
Sem. 7 mayo	1.50	1	1.50
Sem. 8 mayo	2.10	1	2.10
			1.80

Fuente: elaboración propia

En la tabla 22 se puede apreciar el tiempo medio de reparación (MTRR), el cual en promedio es de 1.80 horas de tiempo de reparación por cada una de las fallas o avería dada en la maquinaria durante el proceso.

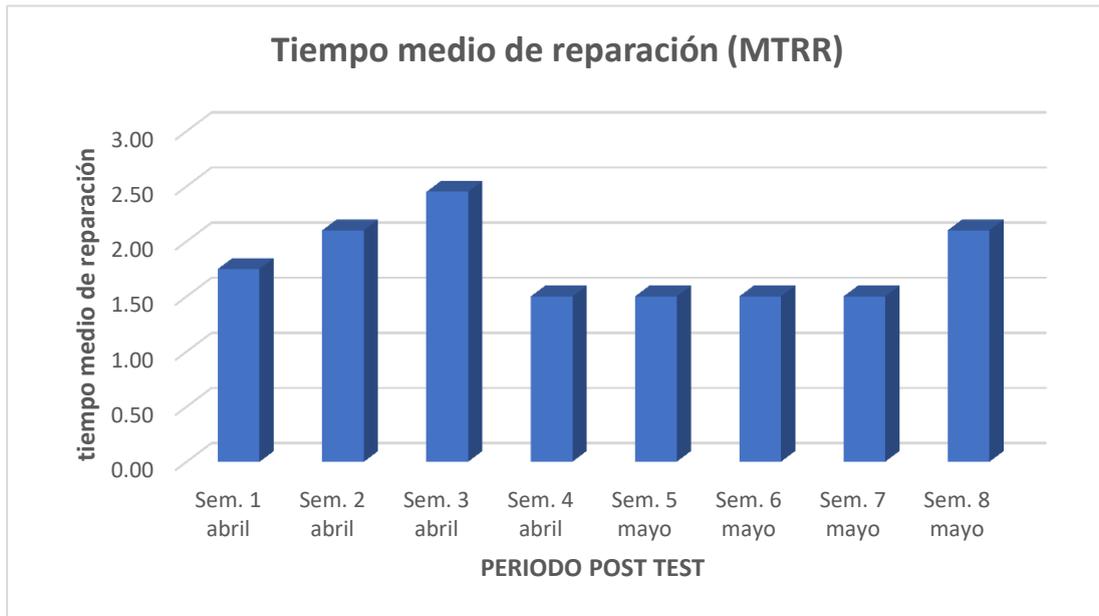


Figura 16. Tiempo medio de reparación.

En la figura 16 se muestra el tiempo medio de reparación por cada periodo de tiempo de la etapa de post test, el cual fue de 1.80 horas, lo que representa que cada falla o avería toma un tiempo de 1.80 horas de reparación.

Tabla 23. Disponibilidad de maquinaria.

PERIODO 2022 SEMANA	Disponibilidad de Maquinaria (D)		
	MTBF	MTRR	$MTBF/(MTBF + MTRR) \times 100$
Sem. 1 abril	56.00	1.75	96.97%
Sem. 2 abril	48.00	2.10	95.81%
Sem. 3 abril	56.00	2.45	95.81%
Sem. 4 abril	48.00	1.50	96.97%
Sem. 5 mayo	48.00	1.50	96.97%
Sem. 6 mayo	56.00	1.50	97.39%
Sem. 7 mayo	48.00	1.50	96.97%
Sem. 8 mayo	48.00	2.10	95.81%
			96.59%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 23 se muestra la disponibilidad de la maquinaria de la empresa en la etapa post evaluación, donde en promedio se obtuvo un 96.59% de disponibilidad de la maquinaria para llevar a cabo el proceso.

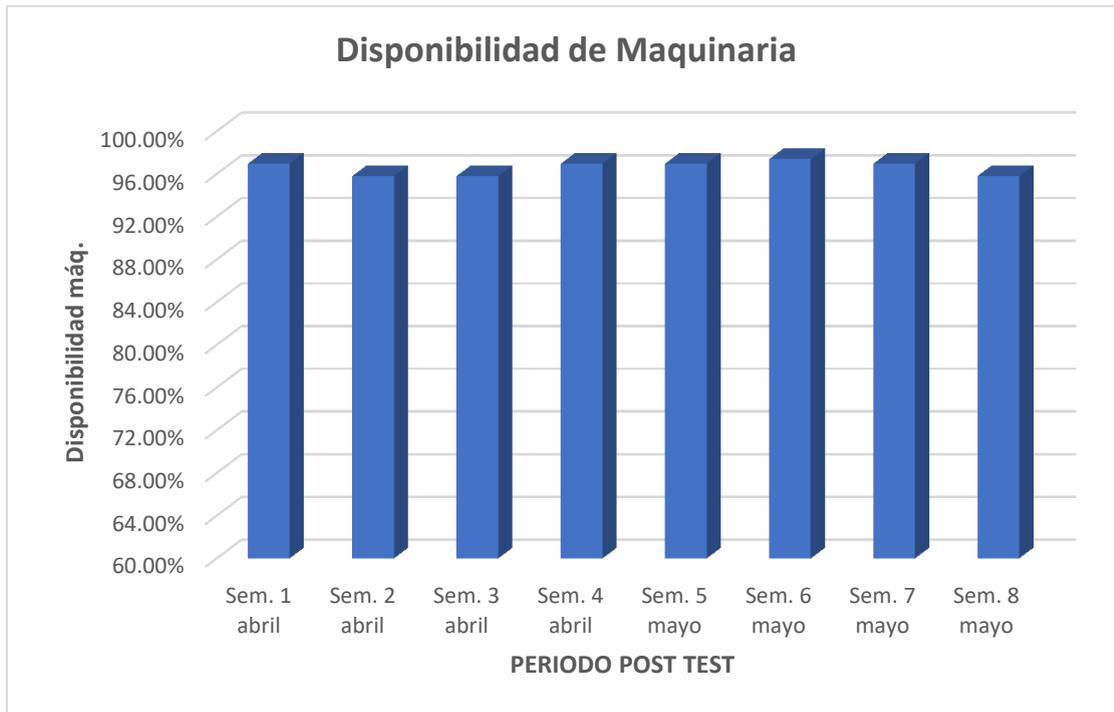


Figura 17. Disponibilidad de maquinaria.

La figura 17 muestra la evolución de la disponibilidad de la maquinaria en el periodo de prueba final, la cual en promedio fue de 96.59%, una mejora importante respecto a la prueba inicial.

Tabla 24. Cuadro comparativo de la disponibilidad.

PERIODO	MTBF	MTRR	Disponibilidad
pre test	20.42	2.88	87.70% (1)
post test	51.00	1.80	96.59% (2)

Fuente: elaboración propia.

En el análisis inicial, la disponibilidad de maquinaria de la empresa fue del 87.70%, mientras que, en el análisis efectuado luego de la aplicación del Mantenimiento preventivo, la disponibilidad ascendió al 96.59%. Esto refleja una mejora del 10.1%.

Prueba de hipótesis

Prueba de normalidad: Esta prueba fue mediante Shapiro-Wilk, debido a que la data de disponibilidad es menor a 35.

Hipótesis:

H_0 : Los datos de disponibilidad no tienen una distribución normal.

H_1 : Los datos de disponibilidad si tienen una distribución normal.

Si $P < 0.050$, se aprueba H_1 .

Si $P > 0.050$, se aprueba H_0 .

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA	,325	8	,013	,665	8	,001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 18. Prueba de normalidad, Shapiro-Wilk.

Fuente: SPSS

El nivel de significancia es de 0.001, el cual es menor que $P < 0.050$. Entonces se infiere que los datos de disponibilidad no presentan una distribución normal.

Producto de este resultado, la contrastación de la hipótesis se desarrolló mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Hipótesis:

H_0 : El mantenimiento preventivo no mejora la disponibilidad de la empresa.

H_1 : El mantenimiento preventivo si mejora la disponibilidad de la empresa.

Si $P > 0.050$, se acepta H_0 .

Si $P < 0.050$, se acepta H_1 .

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

		N	Rango promedio	Suma de rangos
POST_TEST - PRE_TEST	Rangos negativos	0 ^a	,00	,00
	Rangos positivos	8 ^b	4,50	36,00
	Empates	0 ^c		
	Total	8		

a. POST_TEST < PRE_TEST
b. POST_TEST > PRE_TEST
c. POST_TEST = PRE_TEST

Estadísticos de prueba^a

	POST_TEST - PRE_TEST
Z	-2,598 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,009

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Figura 19. Prueba no paramétrica Wilcoxon.

Fuente: SPSS

El nivel de significancia de la prueba Wilcoxon corresponde a 0.009, la cual es menor que $P < 0.050$. Esto define que el mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de la maquinaria de la empresa molinera y se acepta la hipótesis de esta investigación.

V. DISCUSIÓN

El diagnóstico inicial de otras investigaciones, en materia de mantenimiento preventivo, se asemejan al procedimiento llevado a cabo en este trabajo, como los desarrollados por Quispe (2016), quien llevó a cabo su evaluación inicial en una empresa de manufactura y la cual determinó las principales fuentes de problemas, y por lo cual obtuvo una disponibilidad inicial de la maquinaria del 86%.

Durante el análisis actual de la empresa, el equipo de investigación determinó mediante un diagrama de Ishikawa, las principales causas y factores que impactaban en la disponibilidad de la maquinaria de la empresa, de los cuales destacan los frecuentes tiempos de paradas, fallas y averías de la maquinaria y la ausencia de un plan de mantenimiento. En esta etapa también efectuó un análisis interno por áreas (AMOFHIT), un diagnóstico de fortalezas, amenazas, debilidades y oportunidades (FODA) y una evaluación de factores internos y externos (MEFI – MEFE). Luego se determinó el indicador inicial de tiempo medio entre fallas (MTBF), el cual fue de 20.42 horas por cada falla ocurrida en el proceso; el tiempo medio de reparación (MTRR), el cual fue de 2.88 horas de reparación por cada avería suscitada en la maquinaria, y esto estableció una disponibilidad inicial de 87.7%.

Del mismo modo, Cuba (2017), en su trabajo y en el diagnóstico previo determinó problemas relacionados con las constantes fallas de la máquina, tiempos excesivos de parada y tiempos improductivos, por lo cual obtuvo un indicador de 85% de disponibilidad. El resultado obtenido se asemeja bastante a este trabajo ya que ambos lograron una disponibilidad igual o superior a 85%.

Y, Navarro (2018), en la etapa de evaluación inicial de la empresa estableció los factores críticos de la problemática y producto del cual la disponibilidad inicial de los equipos y máquinas fue del 88%. Al igual que el anterior trabajo, este también presenta un resultado de igual o mayor porcentaje de disponibilidad de los equipos.

Esta investigación se llevó a cabo en la empresa molinera Galan E.I.R.L., con la finalidad de aplicar un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la maquinaria del proceso de producción de pilado de arroz.

El equipo de trabajo se vio en la necesidad de adaptarse al cambio para el desarrollo de este trabajo, ya que, para acceder a las instalaciones de la empresa, a causa de la pandemia del Covid-19, debieron seguir y cumplir el protocolo de bioseguridad, y esto de alguna manera significó un limitante de esta investigación. Sin embargo, se logró culminar exitosamente este trabajo a pesar de las dificultades adversidades presentes en el camino.

El diseño del plan de mantenimiento preventivo para los activos de la empresa constó de 10 etapas: localización de activos, inventario y codificación, análisis de criticidad, selección de máquinas/equipos críticos, codificación de activos críticos, elaboración de fichas técnicas, elaboración de hojas de vida, actividades de mantenimiento, instructivos de mantenimiento y cronograma de actividades de mantenimiento. La ejecución de estas etapas que comprenden el plan de mantenimiento se llevó a cabo mediante la representación gráfica de los equipos y máquinas de la empresa mediante unos diagramas de distribución, un análisis de Pareto que determinaron las maquinas críticas del proceso y en base a estas se enfocaron las demás etapas de este plan para poder mejorar la disponibilidad de las mismas.

En trabajos revisados previamente, el proceso de diseño y ejecución del plan de mantenimiento, autores como Anticona, y Quiroz (2017) llevaron a cabo un procedimiento similar que abarcaron 9 etapas desde el inventario de los activos hasta el cronograma de ejecución de tareas. Si bien no se trató de empresas del mismo rubro, el procedimiento guarda su semejanza y ahí radica el aporte de esta investigación.

Del mismo modo, Martínez (2017), en su trabajo desarrollado en una empresa de transporte ejecutó e implementó el plan de mantenimiento con las mismas etapas llevadas a cabo en este trabajo. Al tratarse de otra organización de diferente sector económico, también se desarrolló un similar proceso de aplicación del plan de mantenimiento de los equipos.

García (2015), comenta que la gestión del mantenimiento consta de vario pasos y etapas durante la implementación, donde se conocen los puntos críticos y débiles

de las maquinarias, para evitar sobre costos, de esa manera se logra realizar las reparaciones en equipos y maquinarias con mayor facilidad.

También, Sánchez, Cesáreo, Alarcón y Martínez (2021) agrega que el mantenimiento es fundamental y de alcance horizontal ya que se realiza junto a los mismos operadores ya que son ellos quienes están en todo momento con las maquinarias.

Además, Alberti (2020), dice que el mantenimiento se basa en identificar y reportar las necesidades de la maquinaria y el buen estado de la infraestructura, y para ejecutar este mantenimiento se deben de encontrar aquellas variables físicas, como consumo excesivo de energía, temperatura no correcta, vibración, entre muchas más variables para determinar los activos que son más afectados por estas.

Finalmente, y una vez aplicado el mantenimiento preventivo, el equipo de investigación determinó el indicador de disponibilidad luego de la aplicación, donde el tiempo medio entre fallas (MTBF) se estableció en 51 horas de trabajo entre cada fallo a avería de las máquinas, el tiempo medio de reparación (MTRRR) fue de 1.80 horas de tiempo de reparación por cada una de las fallas o averías atendidas. Estos dos indicadores establecieron una disponibilidad final de maquinaria del 96.59%.

Este nuevo indicador, y en base a lo determinado inicialmente, representó una mejora del 10.1% de la disponibilidad de las máquinas.

Estos resultados guardan su nivel de semejanza, por lo resultados obtenidos, con los estudios de Quispe (2016), quien luego de la aplicación del plan de mantenimiento pudo determinar una disponibilidad del 90%, lo que representa un aumento del 12% en comparación del resultado inicial.

De la misma manera, en el estudio de (Cuba 2017), se logró establecer un MTBF de 68 horas y un MTRR de 2.5 horas, lo cual definió una disponibilidad del 96.45%.

Y Navarro 2018), quien pudo determinar un tiempo medio entre fallas de 89 horas y un tiempo medio de reparación de 8 horas, lo cual estableció un porcentaje de disponibilidad del 91.75%.

Según Alberti (2020), el nivel de disponibilidad de una maquina se caracteriza por ser un nivel de control del rendimiento, durante un periodo determinado, basado a unos criterios como soporte y confiabilidad.

Acuña (2018) comenta que el mantenimiento preventivo es una filosofía de trabajo desarrollado por personas indicadas y capacitadas en el desarrollo de actividades de mantenimiento.

Y, por último, García (2015) comentan que la principal función es conservar el nivel de funcionamiento de la maquinaria, gracias a la reparación en puntos frágiles durante la producción, sin desvalorizar económicamente la maquinaria.

Se llevó a cabo la aplicación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa molinera, producto del cual se determinó un aumento de la disponibilidad de la maquinaria, pasando esta de ser del 87.7% a 95.6%, una mejora del 10.1%.

Estos resultados se equipararon a la investigación de Anticona y Quiroz (2017), quienes lograron aplicar de manera exitosa un plan de mantenimiento preventivo en una entidad de producción de productos para bebés, donde lograron mejorar la disponibilidad del 15% de los equipos y máquinas del proceso.

También, Martínez (2017), en su trabajo desarrollado en una empresa de la línea amarilla pudo aplicar un plan de mantenimiento enfocado en los equipos de la línea, y por lo cual se tuvo un aumento del 20% de la disponibilidad de los equipos.

Y, Valencia (2016), en su trabajo en una empresa manufacturera pudo implementar un plan de mantenimiento, logrando mejorar la disponibilidad de equipos en un 30%.

Mediante la revisión de diversas fuentes de teorías, el resultado que se logró en este trabajo se avala por los conceptos y enfoque del mantenimiento preventivo, el cual y según García (2015), es la agrupación de pasos que nos ayudaran a mantener la disponibilidad y buen funcionamiento de la maquinaria por un largo plazo, sin perder valor alguno.

También, Vargas, Estupiñán y Díaz (2017) comentan que el mantenimiento preventivo se basa en evitar posibles fallas durante la producción.

VI.CONCLUSIONES

1. El diagnóstico inicial de la empresa pudo determinar las causas principales que impactaban en la disponibilidad de la maquinaria en el área de mantenimiento, de las cuales resaltaron: frecuentes fallas y averías, frecuentes tiempos de parada, ineficiente calibración de los equipos y máquinas, tecnología desfasada y la ausencia de un plan de mantenimiento. Además, calculó la disponibilidad de maquinaria, pre aplicación de la mejora, la cual fue del 87.70%, con un índice MTBF de 20.42 y MTRR de 2.88.
2. La ejecución del plan de mantenimiento preventivo, en primera instancia, conllevó la localización de los activos donde se diseñaron diagramas y planos de ubicación de la maquinaria; también se realizó el inventario y codificación de las mismas, se determinaron las dos máquinas críticas: Selectora (AMST22-1) y la Pre limpia (AMPL2-1). Para cada una de estas se diseñaron sus fichas técnicas dadas por el fabricante y sus hojas de vida con el historial y respuesta de las averías suscitadas. También se ejecutaron una serie de actividades de mantenimiento para cada una de ellas con diferentes frecuencias de ejecución (día, semana y quincena). Y, por último, se diseñaron los instructivos para llevar a cabo estas actividades de mantenimiento, culminado aquí la etapa de aplicación del plan de mantenimiento preventivo.
3. El equipo de trabajo, ya con la mejora impartida, procedió a determinar los resultados obtenidos producto de la aplicación, para lo cual se determinó un índice de disponibilidad de 96.59%, con un indicador de MTBF (tiempo medio entre fallas) de 51.00, un MTRR (tiempo medio de reparación) de 1.80. Estos resultados reflejaron una mejora del 10.1% de la disponibilidad de maquinaria.
4. La aplicación del mantenimiento preventivo pudo mejorar la disponibilidad de maquinaria en la empresa en un 10.1%, pasando de 0.8770 a 0.9659; independientemente del resultado se considera importante el proceso realizado para la obtención de los datos. La hipótesis se validó con un nivel de significancia de 0.009 ($P < 0.050$), mediante la prueba no paramétrica Wilcoxon en el programa SPSS.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la compañía molinera poner énfasis y un mayor compromiso en la adopción de mejoras con miras a mantener la vida útil no sólo de las maquinas críticas, sino de todos activos que involucra el sistema productivo del proceso de pilado de arroz.

La entidad, por medio del ingeniero de producción y jefe de mantenimiento, deben continuar adoptando esta propuesta de mejora para la maquinaria, ya que se pudo establecer mejoras positivas para la disponibilidad de las mismas, además de realizar un seguimiento constante a cada uno de los activos para e caso de una avería o fallo, actuar de manera inmediata en brindar una solución precisa y efectiva.

A cercanos investigadores y próximos estudiantes (tesistas) de la escuela y facultad, se aconseja realizar un estudio más profundo, de tal modo que el plan de mantenimiento sea impartido a la mayoría de los equipos o máquinas para que de esta manera se obtengan resultados más concisos y la mejora sea más certera, eficaz y de mayor impacto en la productividad de la empresa y en la disponibilidad de los activos.

Se recomienda estudiar una muestra que abarque mucha más data de disponibilidad de los activos, para así obtener un resultado inicial más confiable que permita obtener un diagnóstico más certero acerca de la situación de la empresa pre aplicación de la mejora.

REFERENCIAS

1. CUBA, Juan. Aplicación del mantenimiento productivo total para aumentar la productividad en el proceso de operación de la motoniveladora 16m en el área de mantenimiento de equipo pesado tecsup-Santa Anita: Universidad César Vallejo. Facultad de ingeniería. 2017. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12421>
2. Actis di Pasquale, Eugenio, Balsa, Javier La técnica de escalamiento lineal por intervalos: una propuesta de estandarización aplicada a la medición de niveles de bienestar social. Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa [en línea]. 2017, 23(), 164-196[fecha de Consulta 9 de mayo de 2022]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=233151826008>
3. CARBALLO BARCOS, Miriam y GUELMES VALDES, Esperanza Lucía. Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. Universidad y Sociedad [online]. 2016, vol.8, n.1 [citado 2022-06-02], pp.140-150. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100021&lng=es&nrm=iso. ISSN 2218-3620
4. Pulido Polo, Marta Ceremonial y protocolo: métodos y técnicas de investigación científica. Opción [en línea]. 2016, 31(1), 1137-1156[fecha de Consulta 3 de Julio de 2022]. ISSN: 1012-1587. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31043005061>
5. Laurencio, Rossy Lorena , Aguirre, Patricia del Carmen , Casco López, Javier , Anaya, María del Pilar INVESTIGACIÓN APLICADA E INTERDISCIPLINARIEDAD EN LAS CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN. Prisma Social [en línea]. 2018, (11), 294-320[fecha de Consulta 23 de Junio de 2022]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353744535009>

6. De Santacruz, Cecilia , Tamayo Martínez, Nathalie , Camacho, Jhon , Rodriguez, Maria Nelcy , Rodriguez, Viviana , Moreno, Socorro , Gómez-Restrepo, Carlos Diseño e implementación de los instrumentos de recolección de la Encuesta Nacional de Salud Mental Colombia 2016. Revista Colombiana de Psiquiatría [en línea]. 2016, 45(1), 9-18[fecha de Consulta 3 de Julio de 2022]. ISSN: 0034-7450. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80650839003>
7. Ventura-León, José Luis ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. Revista Cubana de Salud Pública [en línea]. 2017, 43(4), 648-649[fecha de Consulta 3 de Julio de 2022]. ISSN: 0864-3466. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21453378014>
8. Gabriel-Ortega , Julio Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación. Journal of the Selva Andina Research Society [en línea]. 2017, 8(2), 145-146[fecha de Consulta 3 de Julio de 2022]. ISSN: 2072-9294. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361353711008>
9. Díaz-Contreras, Carlos A., Murga-Villanueva, Corazon De Jesús, Quezada-Lara, Vania F., Catari-Vargas, David A., Díaz-Vidal, Gabriela A. EFECTIVIDAD GENERAL DE EQUIPOS (OEE) AJUSTADO POR COSTOS. Interciencia [en línea]. 2020, 45(3), 158-163[fecha de Consulta 3 de Julio de 2022]. ISSN: 0378-1844. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33962773006>
10. VALENCIA, Shirley. Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la Productividad en la línea de fabricación de hilos acrílicos de la empresa Hilados Cheviot E.I.R.L., San Juan de Lurigancho, 2016. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad César Vallejo. Facultad de ingeniería, 2016, 230 pp. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1965>

11. QUISPE, Josue. "Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa Electro Volt Ingenieros S.A, ventanilla, 2016". Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad César Vallejo. Facultad de ingeniería. 2016. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3433>
12. CALDERÓN, LUIS. "PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS QUE CONFORMAN EL PROCESO DE SECADO INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MOLINO SAMÁN SRL". Tesis (Ingeniero Industrial). Trujillo: Universidad Privada del Norte. Facultad de ingeniería, 2020. Disponible en: https://www.academia.edu/39908668/PLAN_DE_MANTENIMIENTO_PREVENTIVO_DE_MOLINO_SAMAN_SRL
13. GARCÍA, Alfonso. Productividad y reducción de costos: para la pequeña y mediana industria. 2ª. ed. México: Trillas. 304p. 2018. ISBN: 978-60717-0733-8.
14. CARPIO Coronado, Christian. Plan de mejora en el área de producción de la empresa Comolsa s.a.c. para incrementar la productividad, usando herramientas de lean manufacturing - Lambayeque 2015. Tesis (Para optar el título Profesional en Ingeniería Industrial). Pimentel: Universidad Señor de Sipán 2016. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/2297>
15. El arroz, el cereal de las mesas [en línea]. Minagri (Ministerio de Agricultura y Riego). 2017. Disponible en: <https://www.midagri.gob.pe/portal/26-sector-agrario/arroz>
16. ACUÑA, Jorge. Ingeniería de Confiabilidad [en línea]. Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2018, 1º edición. ISBN: 9977-66-141-3. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=TE0Sj5Mku70C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

17. CARCEL, Javier. La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial. Investigación sobre la incidencia en sus actividades estratégicas [en línea]. OmniaScience, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. ISBN: 978849418728. Disponible en <https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/view/73/284/409-1>
18. Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptita, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. Mc Graw Hill Education, 6° edición. 2018. ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
19. Aquino, W., y Atalaya, S. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la empresa Globaltruck E.I.R.L- 2018-2019 (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. 2020. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26312>
20. Martínez, C. (2017). Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria. Obtenido de Repositorio académico UPC: <http://hdl.handle.net/10757/600661>.
21. Martínez, C., & Ymbertis, J. (2017). Propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento en los equipos de generación de vapor en una empresa que produce lubricantes automotrices e industriales. Obtenido de Repositorio Académico UPC: <http://hdl.handle.net/10757/582062>.
22. INEI. Estadísticas Municipales 2016 [en línea]. Lima, Lima, Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2017. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1417/
23. Moreno Rojo, César, Minaya Luna, Christian, Alavedra Flores, Carol. Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. Ingeniería Industrial [en línea]. 2017, (34), 11-

- 26[fecha de Consulta 30 de Mayo de 2022]. ISSN: 1025-9929. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337450992001>
24. Sánchez, Cesáreo, Alarcón y Martínez. Mantenimiento predictivo para el uso eficiente de agitadores industriales en destiladores y reactores. Revista DYNA [en línea]. 2021, 96(1), 17-21 [fecha de Consulta 30 de Mayo de 2022]. ISSN: 0012-7361. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7714383>
25. Duany-Alfonzo, Yoenia, Herrera-Galán, Michael Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. Ingeniería Industrial [en línea]. 2018, XXXVII(1), 2-13[fecha de Consulta 30 de Mayo de 2022]. ISSN: 0258-5960. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360443665001>
26. CANAHUA APAZA, Nohemy. Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. Ind. data [online]. 2021, vol.24, n.1 [citado 2022-05-30], pp.49-76. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-99932021000100049&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1560-9146. <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>.
27. Ortiz Caballero, S. J. Gestión de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los camiones de acarreo de mineral a tajo abierto o revisión de literatura científica. 2020. Disponible en https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_5cf76cbc122f5432ceba51a5a4e0000a
28. Alvines y Tongonbol. Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la productividad de la empresa Nutriventas S.A.C. Tesis (Ingeniero Industrial). Chepén: Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería Industrial, 2018. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/77463?show=full>

29. Santos Fuentefría, Ariel, Salgado Duarte, Yorlandys, Martínez del Castillo Serpa, Alfredo Programación óptima del mantenimiento preventivo de generadores de sistemas de potencia con presencia eólica. Ingeniería Energética [en línea]. 2018, XXXIX(3), 157-167[fecha de Consulta 30 de Mayo de 2022]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329158816003>
30. Azoy Capote, Andy Diagnóstico de la gestión del mantenimiento en una Unidad Empresarial de Base de Artemisa, Cuba. Revista Ingeniería Agrícola [en línea]. 2018, 5(4), 10-13[fecha de Consulta 30 de Mayo de 2022]. ISSN: 2306-1545. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586261427002>
31. MERCADO, VERENA y PENA, JOSÉ BERNARDO. Modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la eficiencia y optimización de la energía eléctrica. Saber [online]. 2017, vol.28, n.1 [citado 2022-05-30], pp.99-105. Disponible en: <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000100010&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2343-6468.
32. ALFONSO LLANES, Aramis; BENITEZ SANCHEZ, Rosbel; CASTELLANOS CASTILLO, José Ramón y GARCIA FLEITES, Alexis Orlando. ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN LA UEB DERIVADOS "HERIBERTO DUQUESNE". cen. az. [online]. 2021, vol.48, n.2 [citado 2022-05-30], pp.35-44. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612021000200035&lng=es&nrm=iso>. Epub 01-Abr-2021. ISSN 0253-5777.
33. FONSECA-JUNIOR, Milton; HOLANDA-BEZERRA, Ubiratan; CABRAL-LEITE, Jandecy and REYES-CARVAJAL, Tirso L.. Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas. Dyna rev.fac.nac.minas [online]. 2018, vol.82, n.194 [cited 2022-05-30], pp.139-149. Available from: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-

34. Morejón Mesa, Yanoy , Uttaro Nardone, Felipe , Miranda Caballero, C. Alexander Análisis de la disponibilidad técnica de la cosechadora CaseAustoft 7000 en el Estado Trujillo, Venezuela. Revista Ingeniería Agrícola [en línea]. 2015, 5(1), 3-7[fecha de Consulta 30 de Mayo de 2022]. ISSN: 2306-1545. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586261424001>
35. Acevedo, Adolfo; Linares, Carolina; Cachay, Orestes. Investigación en la acción. Un ejemplo de estudio experimental en el mercadeo de servicios. Industrial Data [en línea]. 2018, 16(2), 79-85[fecha de Consulta 2 de octubre de 2021]. ISSN: 1560-9146. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81632390010>
36. Réтали, Alejandro Ética de la Investigación. Integridad Científica: Autores Koepsell, D y Ruiz de Chávez, M. México: Editarte. 180 pp. Revista de Investigación [en línea]. 2017, 41(91), 163-164[fecha de Consulta 30 de Mayo de 2022]. ISSN: 0798-0329. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376156277012>
37. Viscaíno CUZCO, Mayra; VILLACRES-PARRA, Sergio; GALLEGOS-LONDONO, César y NEGRETE-COSTALES, Hernán. Evaluación de la gestión del mantenimiento en hospitales del instituto ecuatoriano de seguridad social de la zona 3 del Ecuador. Ingenius [online]. 2019, n.22 [citado 2022-07-03], pp.59-71. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-860X2019000200059&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1390-860X.
38. Vargas-Vargas, Irina , Estupiñán-Díaz, Santiago , Díaz-Molina, Arnaldo Actualidad mundial de los sistemas de gestión del mantenimiento. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar [en línea]. 2017, 51(2), 10-16[fecha

de Consulta 7 de Julio de 2022]. ISSN: 0138-6204. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251002>

39. Terán-Bustamante, Antonia, Martínez-Velasco, Antonieta, Ramírez-Castillo, Claudia Estrella. Confiabilidad y validez de un instrumento de selección de capital humano. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas. Nueva Época / Mexican Journal of Economics and Finance* [en línea]. 2020, 15(3), 435-454 [fecha de Consulta 7 de Julio de 2022]. ISSN: 1665-5346. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423765208008>

40. Ocampo Botello, Fabiola, Sánchez Pérez, Karoll Rebeca, Pérez Vera, Monserrat Gabriela. Aplicación de la metodología de la investigación para identificar las emociones. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* [en línea]. 2018, 6(11), [fecha de Consulta 23 de Junio de 2022]. ISSN: . Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498150319048>

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Mantenimiento preventivo (Variable independiente)	Se basa en evitar posibles fallas y poder evitar fugas o fallas durante la producción, revisando periódicamente los equipos para reemplazar piezas o partes de la máquina que podrían ocasionar posibles fallas o averías (Vargas, Estupiñán y Díaz, 2017).	(Vargas, Estupiñán y Díaz, 2017) mencionan que el mantenimiento preventivo abarca el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTRR).	Tiempo medio entre fallas	$MTBF = \left(\frac{\text{tiempo total de funcionamiento}}{N^{\circ} \text{ de fallas}} \right)$ <p>MTBF: tiempo medio entre fallas</p>	Razón
			Tiempo medio de reparación	$MTRR = \left(\frac{\text{tiempo total de inactividad}}{N^{\circ} \text{ de fallas}} \right)$ <p>TMTRR: tiempo medio de reparación</p>	Razón
Disponibilidad (Variable dependiente)	Morejón, Uttaro y Miranda (2018) definen disponibilidad como el indicador que mide el grado de utilización de la maquinaria en el proceso productivo a lo largo de un tiempo o periodo determinado.	La disponibilidad se mide en relación de la disponibilidad de maquinaria (Morejón, Uttaro y Miranda, 2018)	Disponibilidad de la maquinaria	$D = \left(\frac{MTBF}{MTBF - MTRR} \right) \times 100$ <p>MTBF = tiempo medio entre fallas MTRR = Tiempo medio para reparar</p>	Razón

Anexo 2. Pirámide jerárquica del TPM.



Anexo 3. Pilares del TPM.



Anexo 4. Formato de codificación "Tarjeta maestra".



EQUIPO	CÓDIGO	CANTIDAD
Torno Paralelo Jumbo	A1-TPJ-1	1
Torno Central de Precisión	A1-TCP-2	1

Anexo 5. Guía de entrevista.

INSTRUMENTO: GUÍA DE ENTREVISTA	
--	---

EMPRESA	Molino Don Pancho E.I.R.L.
RESPONSABLES	Jorgue Hernández y José Serrano
DIRIGIDO A	Sr.

1. ¿Qué tipo de productos elabora la empresa?
2. ¿Cómo se ha comportado la demanda de los productos durante estos 2 años de pandemia?
3. ¿Cuál es la capacidad de producción diaria de la planta?
4. ¿Las máquinas han estado en completo funcionamiento durante los últimos meses?
5. ¿Cuáles son los principales problemas existentes a día de hoy en la empresa, en especial en el área de producción?
6. Nosotros como equipo de trabajo de investigación tenemos una propuesta de mejora: "Gestión de ui

ANALISIS FODA - MANTENIMIENTO

7. Cuáles son las fortalezas o los aspectos positivos del área de mantenimiento?
 8. Cuáles son los puntos débiles o los aspectos no tan positivos del área de mantenimiento?
 9. Si tuviese una mejor gestión de mantenimiento de sus activos, ¿cuáles cree que serían las oportunidades de crecimiento en el mercado y a nivel interno?
 10. ¿Cuáles son los posibles factores críticos que pueden impactar de manera negativa en la empresa?
-

Anexo 6. Guías de observación de los aspectos positivos y negativos del área de mantenimiento (i) y de los tiempos de operación de la maquinaria (ii).

INSTRUMENTO: GUÍA DE OBSERVACIÓN (i)	
EMPRESA	Molino Don Pancho E.I.R.L.
ÁREA EN ANÁLISIS	MANTENIMIENTO
ASPECTOS POSITIVOS	
ASPECTOS NEGATIVOS	



Anexo 7. Ficha de registro de los tiempos de operación de la maquinaria.

INSTRUMENTO: FICHA DE REGISTRO DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN DE LA MAQUINARIA					
EMPRESA	Molino Don Pancho E.I.R.L. 				
MAQUINA	Tiempo de operación (horas) - 2022				
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Sub total
MÁQ. 1					
MÁQ. 2					
MÁQ. 3					
MÁQ. 4					
MÁQ. 5					
MÁQ. 6					
Total					

Anexo 8. Ficha de registro de disponibilidad de maquinaria.

INSTRUMENTO: FICHA DE REGISTRO DE DISPONIBILIDAD			
EMPRESA	Molino Don Pancho E.I.R.L. 		
PERIODO 2022	Tiempo medio entre fallas (MTBF)		
SEMANA	Tiempo total de funcionamiento (h)	N° de fallas	MTBF (tiempo total de funcionamiento/n° de fallas)
Sem. 1 febrero			
Sem. 2 febrero			
Sem. 3 febrero			
Sem. 4 febrero			
Sem. 5 marzo			
Sem. 6 marzo			
Sem. 7 marzo			
Sem. 8 marzo			

EMPRESA	Molino Don Pancho E.I.R.L. 		
PERIODO 2022	Tiempo medio de reparación (MTRR)		
SEMANA	Tiempo total de inactividad (h)	N° de fallas	MTRR (tiempo total de inactividad/n° de fallas)
Sem. 1 febrero			
Sem. 2 febrero			
Sem. 3 febrero			
Sem. 4 febrero			
Sem. 5 marzo			
Sem. 6 marzo			
Sem. 7 marzo			
Sem. 8 marzo			

EMPRESA	Molino Don Pancho E.I.R.L. 		
PERIODO 2022	Disponibilidad de Maquinaria (D)		
MES	MTBF	MTRR	$MTBF / (MTBF + MTRR) \times 100$
Sem. 1 febrero			
Sem. 2 febrero			
Sem. 3 febrero			
Sem. 4 febrero			
Sem. 5 marzo			
Sem. 6 marzo			
Sem. 7 marzo			
Sem. 8 marzo			

Anexo 9. Ficha de registro del Plan de Mantenimiento.

INSTRUMENTO: FICHA DE REGISTRO			
EMPRESA		Molino Don Pancho E.I.R.L.	
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
N°	ETAPA	ACTIVIDADES	PERIODO
1			
2			
3			
4			
5			
6			
Aplicación del Plan de Mantenimiento			
7			
8			
10			
11			
12			
13			
14			



Anexo 10. Ficha de registro de disponibilidad de maquinaria luego de la aplicación.

INSTRUMENTO: FICHA DE REGISTRO DE DISPONIBILIDAD			
EMPRESA	Molino Don Pancho E.I.R.L. 		
PERIODO 2022	Tiempo medio entre fallas (MTBF)		
SEMANA	Tiempo total de funcionamiento (h)	N° de fallas	MTBF (tiempo total de funcionamiento/n° de fallas)
Sem. 1 abril			
Sem. 2 abril			
Sem. 3 abril			
Sem. 4 abril			
Sem. 5 mayo			
Sem. 6 mayo			
Sem. 7 mayo			
Sem. 8 mayo			

EMPRESA	Molino Don Pancho E.I.R.L. 		
PERIODO 2022	Tiempo medio de reparación (MTRR)		
SEMANA	Tiempo total de inactividad (h)	N° de fallas	MTRR (tiempo total de inactividad/n° de fallas)
Sem. 1 abril			
Sem. 2 abril			
Sem. 3 abril			
Sem. 4 abril			
Sem. 5 mayo			
Sem. 6 mayo			
Sem. 7 mayo			
Sem. 8 mayo			

EMPRESA	Molino Don Pancho E.I.R.L. 		
PERIODO 2022	Disponibilidad de Maquinaria (D)		
MES	MTBF	MTRR	$MTBF/(MTBF + MTRR) \times 100$
Sem. 1 abril			
Sem. 2 abril			
Sem. 3 abril			
Sem. 4 abril			
Sem. 5 mayo			
Sem. 6 mayo			
Sem. 7 mayo			
Sem. 8 mayo			

Anexo 11. Cartas de presentación a expertos para la validación de instrumentos.

...

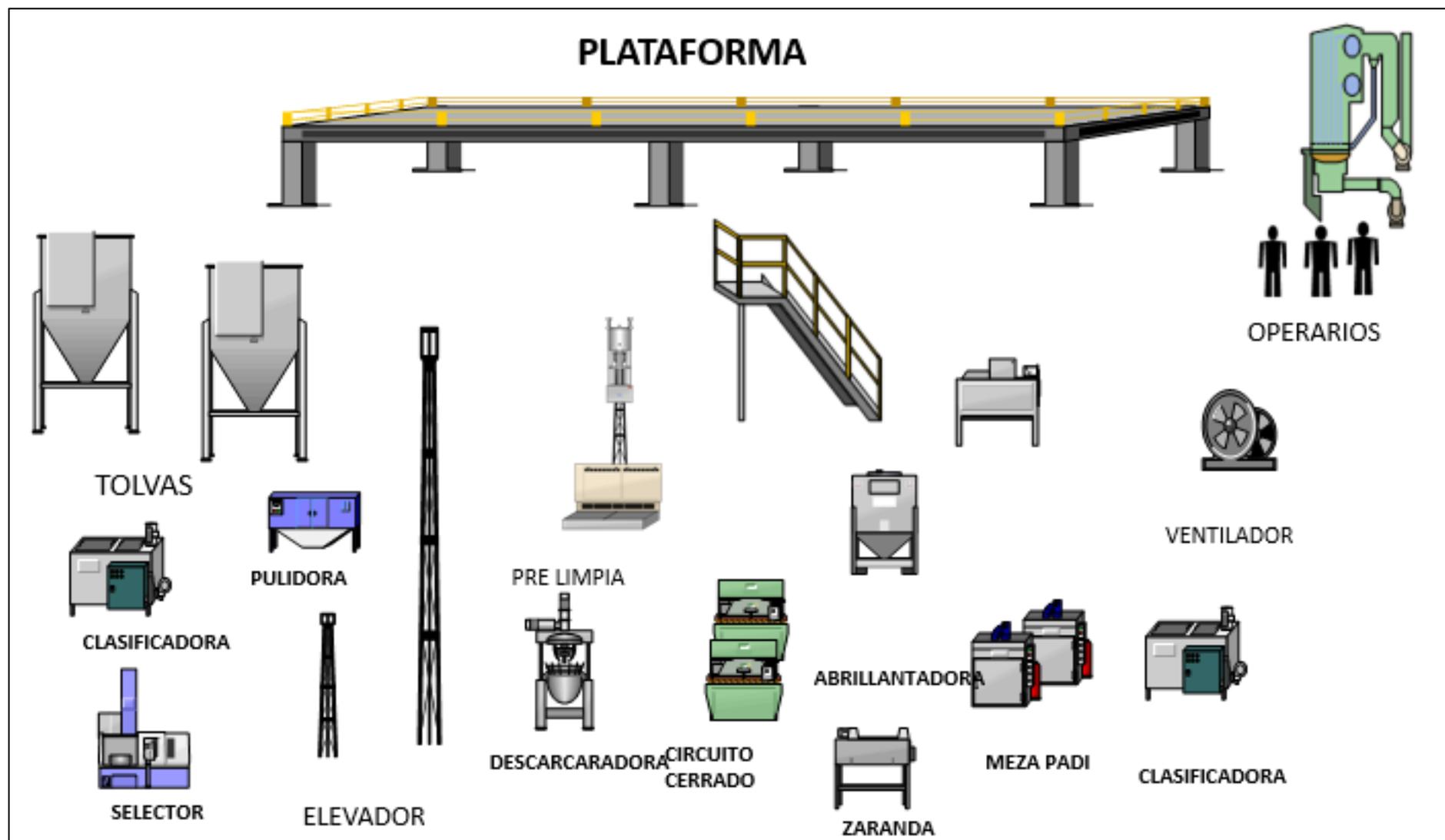
Anexo 12. Validación de los instrumentos de recolección de datos.

...

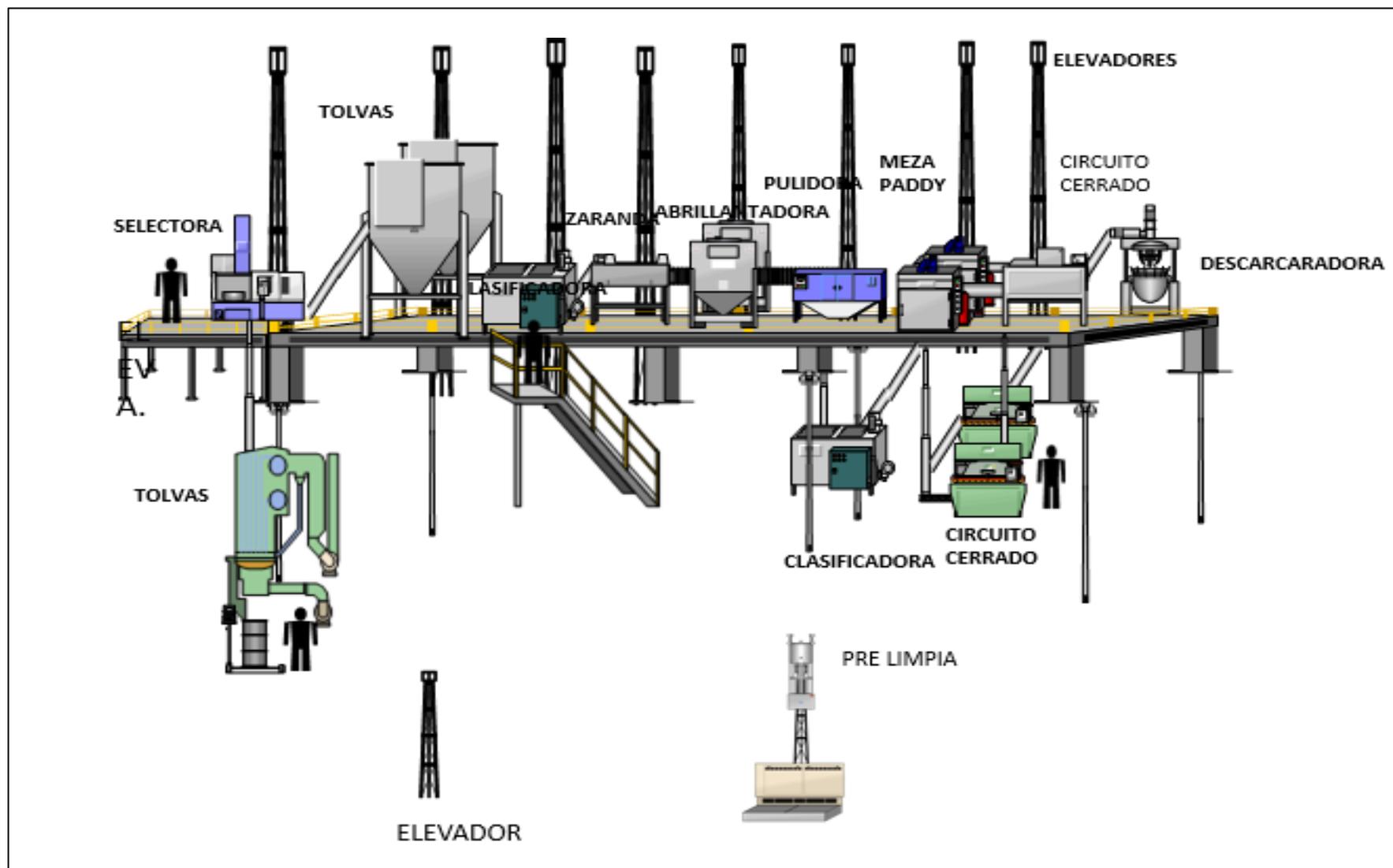
Anexo 13. Plano de distribución de instalaciones de la organización.



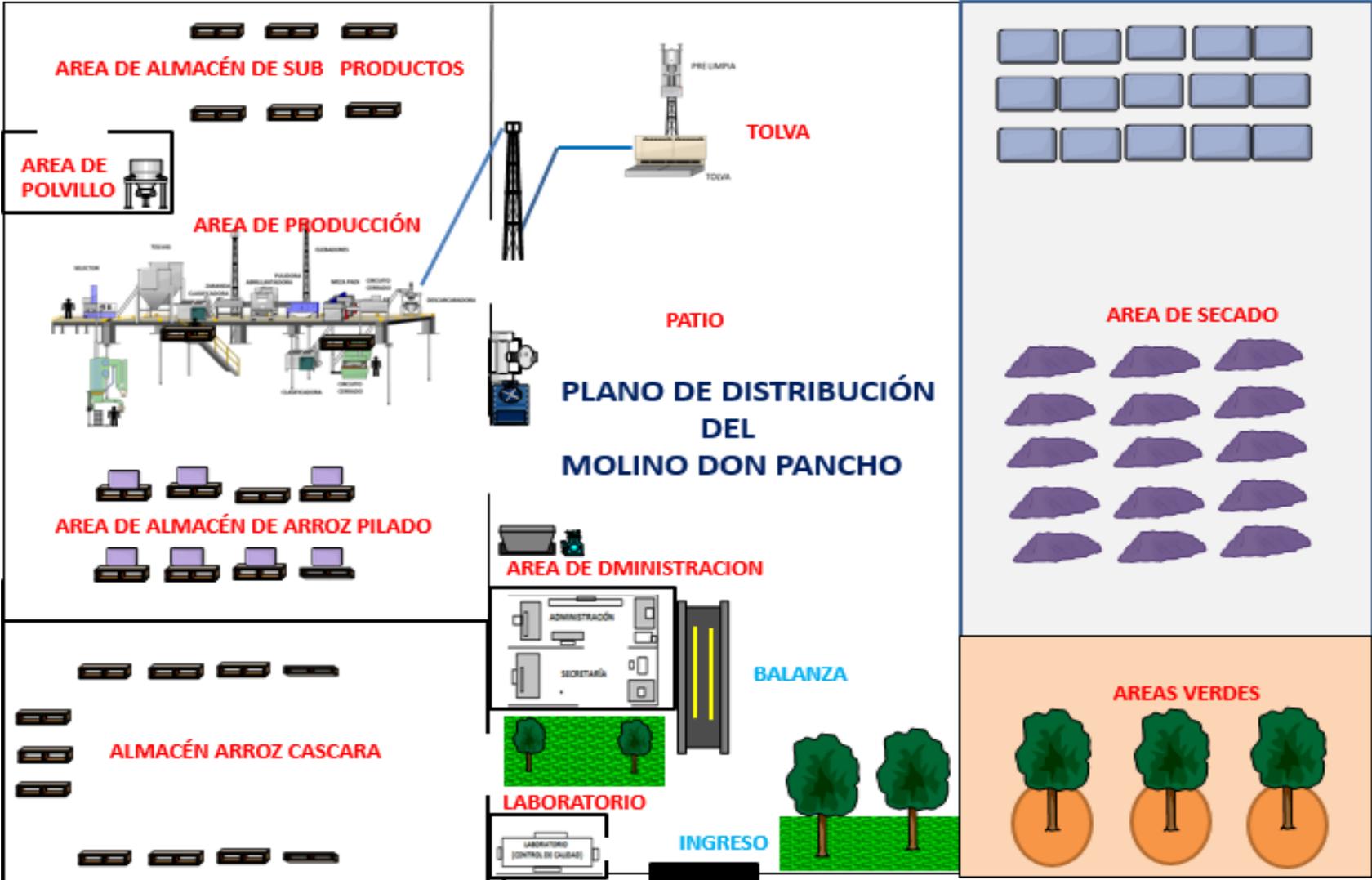
Anexo 14. Diagrama de representación de los activos de la empresa.



Anexo 15. Diagrama de localización de los activos en el área productiva (procesos).



Anexo 16. Plano de distribución de la localización de los activos dentro de las distintas áreas.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN Y LA PRODUCTIVIDAD

N°	VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Planificación y control de la producción							
	DIMENSIÓN 1: Tiempo entre fallas							
1	Indicador: Tiempo medio entre fallas (Tiempo total de funcionamiento / N° de fallas)	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: Tiempo medio de reparación	Si	No	Si	No	Si	No	
2	Indicador: Tiempo medio de reparación (Tiempo total de inactividad/ número de fallas)	X		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE:	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 3: Disponibilidad de la maquinaria							
3	Indicador: Disponibilidad de la maquinaria (tiempo medio entre fallas / tiempo medio entre fallas- tiempo medio para reparar)	X		X		X		
	DIMENSIÓN 4: Confiabilidad de la maquinaria	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
4	Indicador: Confiabilidad de la maquinaria (Valor neperiano (Tasa de fallas * Tiempo programado) / 100)	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. García Juárez, Hugo Daniel

DNI: 41947380

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial – Producción y Logística

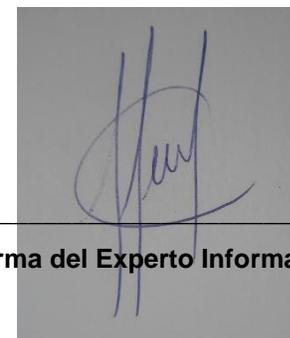
¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Martes 01 de junio de 2022



Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN Y LA PRODUCTIVIDAD

N°	VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Planificación y control de la producción							
	DIMENSIÓN 1: Tiempo entre fallas							
1	Indicador: Tiempo medio entre fallas (Tiempo total de funcionamiento / N° de fallas)	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: Tiempo medio de reparación	Si	No	Si	No	Si	No	
2	Indicador: Tiempo medio de reparación (Tiempo total de inactividad/ número de fallas)	X		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE:	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 3: Disponibilidad de la maquinaria							
3	Indicador: Disponibilidad de la maquinaria (tiempo medio entre fallas / tiempo medio entre fallas- tiempo medio para reparar)	X		X		X		
	DIMENSIÓN 4: Confiabilidad de la maquinaria	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
4	Indicador: Confiabilidad de la maquinaria (Valor neperiano (Tasa de fallas * Tiempo programado) / 100)	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. Marcos Alejandro Robles Lora

DNI:

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial – Producción y Logística

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Martes 01 de junio de 2022




Mg. Marcos Alejandro Robles Lora
Coordinador EP Ingeniería Industrial
Campus Chepén

Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN Y LA PRODUCTIVIDAD

N°	VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Planificación y control de la producción							
	DIMENSIÓN 1: Tiempo entre fallas							
1	Indicador: Tiempo medio entre fallas (Tiempo total de funcionamiento / N° de fallas)	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: Tiempo medio de reparación	Si	No	Si	No	Si	No	
2	Indicador: Tiempo medio de reparación (Tiempo total de inactividad/ número de fallas)	X		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE:	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 3: Disponibilidad de la maquinaria							
3	Indicador: Disponibilidad de la maquinaria (tiempo medio entre fallas / tiempo medio entre fallas- tiempo medio para reparar)	X		X		X		
	DIMENSIÓN 4: Confiabilidad de la maquinaria	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
4	Indicador: Confiabilidad de la maquinaria (Valor neperiano (Tasa de fallas * Tiempo programado) / 100)	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. Luis Edgardo, Cruz Salinas

DNI: 19223300

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial – Producción y Logística

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Martes 01 de junio de 2022



Luis Edgardo Cruz Salinas
ING. INDUSTRIAL
R. CIP. N° 224494

Firma del Experto Informante