

# Confiabilidad en el rendimiento de las máquinas de producción gracias al plan de mantenimiento preventivo

Reliability in the performance of production machines thanks to preventive maintenance plan

**Ninatanta Medina, Yahaira Jamileth**

yahairani@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8765-2671>

Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú

**Vásquez Tejada, Yanelia**

yaneliav02@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3753-4204>

Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú

Artículo recibido 20 de abril de 2022 / Arbitrado 12 de mayo de 2022 / Aceptado 30 junio 2022 / Publicado 01 de octubre de 2022

## RESUMEN

El mantenimiento preventivo empresarial se realiza de manera proactiva para abordar los problemas de producción antes de que sucedan, evitando ineficiencias en los procesos e reparaciones inesperadas. Poder implementar esta estrategia de manera oportuna y rutinariamente trae beneficios como: el aseguramiento de la capacidad productiva; aumento de la disponibilidad y vida útil de los equipos; seguridad para los colaboradores, ahorro de costos y la máxima eficiencia. La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de un plan de mantenimiento preventivo en la confiabilidad de las máquinas de producción de Molino San Francisco S.A.C.; para ello se realizó una investigación de nivel descriptivo-correlacional y diseño mixto. Los resultados de la investigación apuntaron a que la confiabilidad inicial obtenida fue de 0.72 y con la implementación del plan se optimizó a 0.85, evidenciándose que con la aplicación de un correcto plan de mantenimiento preventivo se mejoró la confiabilidad significativamente.

Palabras clave: Confiabilidad; plan; mantenimiento preventivo; empresa; máquinas.

## ABSTRACT

Corporate preventive maintenance is performed proactively to address production problems before they happen, avoiding process inefficiencies and unexpected repairs. Being able to implement this strategy in a timely and routine manner brings benefits such as: assurance of production capacity; increased availability and useful life of equipment; safety for employees, cost savings and maximum efficiency. The objective of this research was to determine the influence of a preventive maintenance plan on the reliability of the production machines of Molino San Francisco S.A.C.; for this purpose, a descriptive-correlational research with a mixed design was carried out. The results of the research showed that the initial reliability obtained was 0.72 and with the implementation of the plan it was optimized to 0.85, evidencing that with the application of a correct preventive maintenance plan the reliability was significantly improved.

Keywords: Reliability; plan; preventive maintenance; company; machines.

## INTRODUCCIÓN

Según el transcurrir del tiempo se ha evidenciado una evolución significativa en cuanto a la tecnología de máquinas y equipos en las empresas de todo el mundo, lo que ha permitido el desarrollo de mejoras en las formas de realizar las actividades diarias del trabajo y junto a dichos avances se demostró un progreso considerable en el mantenimiento de las mismas a nivel empresarial. (Puentes et al., 2021).

Las empresas se han preocupado por desarrollar y adaptar nuevas estrategias, ideologías y filosofías en relación al mantenimiento de tal forma que se note una optimización en el flujo del proceso productivo de cada sector industrial, contemplando la idea que el mantenimiento industrial debe ser visto como una inversión a largo plazo y no como un gasto (Díaz et al., 2016) asegurando la confiabilidad de la maquinaria.

En tal sentido, diversos autores manifiestan que la idea global del concepto de un buen mantenimiento es anticiparse a la producción de fallas y evitar la aplicación de mantenimientos de tipo correctivos, es por eso que Castellón (2018) explica que la mejor herramienta para lograr un adecuado control de la confiabilidad de las máquinas y equipos de una empresa es el mantenimiento preventivo, ya que por definición este mantenimiento está orientado a la revisión eventual de las máquinas en períodos de tiempos planificados que sirvan para descartar posibles averías que puedan convertirse en problemas significativos para el proceso productivo.

El mantenimiento preventivo recobra sentido en las compañías, debido a que se debe considerar que hoy en día las empresas industriales cuentan con un flujo continuo de trabajo donde la secuencia debe ser ordenada y debe seguir su curso hasta el fin de actividades según el horario laboral, que dicho sea de paso, presenta una exigencia importante de labores, habiendo fábricas que mantienen hasta tres turnos de trabajo durante el día.

En el Perú, la tecnología utilizada en la producción de bienes o la prestación de servicios es relativamente obsoleta en algunos sectores productivos del país (Loo, 2021). Además, es bastante desconocida la importancia que tiene la aplicación de un mantenimiento en las maquinarias que se utilizan en las empresas, por tal razón, muchas de ellas no invierten en mantenimientos preventivos sino más bien, esperan la aparición de una falla para empezar con la reparación necesaria, significando un retraso sustancial en el proceso productivo.

Según Rosenthal (2020) la falta de implementación de planes de mantenimientos preventivos en el país, está determinado por dos aspectos importantes: el primero está relacionado con el enfoque que tienen los empresarios peruanos con tratar de brindar productos y/o servicios de calidad a sus consumidores finales, además de su afán por producir de manera masiva dichos productos o servicios.

Lo segundo responde a la falta de conocimiento con respecto de los resultados positivos que se pueden obtener si se anticipan a una parada por falla de maquinarias, que en consecuencia puede terminar agotando la vida útil de la maquinaria o equipo, poniendo en riesgo el flujo continuo del proceso que generan tiempos improductivos, así como la generación de costos excesivos.

Teniendo en cuenta la situación empresarial en Perú, se presenta la empresa Molino San Francisco S.A.C., que se encuentra ubicado en el Km. 690 de la Carretera Panamericana Norte en Ciudad de Dios, Pacasmayo, dicho molino se dedica tanto a la producción y comercialización de arroz pilado y sus derivados; además presta el servicio de balanza y de almacén para clientes externos a la empresa.

El objetivo principal que persigue la empresa en cuestión es adaptarse al mercado competitivo y convertirse en uno de los molinos más reconocidos en el Valle Jequetepeque, sin embargo, para tal fin es imprescindible que la molinera mantenga un estándar de calidad interno controlado, siendo indispensable que el proceso sea fluido y que se evite en lo posible las actividades o tiempos improductivos.

Por otra parte de acuerdo a problemáticas en la producción de Molino San Francisco S.A.C, la empresa se tuvo que ver forzada a instalar un plan de mantenimiento correctivo el cual trajo como consecuencia

las inevitables paradas no programadas, registrándose solamente para el año 2022 un total de 182 fallas que equivalen a 518.96 horas de trabajo perdidas, considerando que las que originaron mayor índice de fallas son la “máquina zaranda” con un tiempo de paro de 122.89 horas y la “máquina selectora” con un tiempo de paro de 85.14 horas; las consecuencias de este suceso es que se obtuvo una confiabilidad de apenas un 78.2% de los mecanismos de producción de la empresa, siendo este un problema realmente preocupante si se quiere conseguir el objetivo principal que persigue la organización.

Conociendo teóricamente las bondades que brinda el mantenimiento preventivo y que fueron expresados con anterioridad, se decide plantear como objetivo de estudio determinar la influencia de un plan de mantenimiento preventivo para favorecer a la confiabilidad de las máquinas de producción de la empresa Molino San Francisco S.A.C.; para ello se realizó un diagnóstico inicial de la empresa que sirvió de insumo para el diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo para la compañía. Finalmente se analizaron los resultados haciendo la comparación de un antes y un después de efectuado el plan preventivo para conocer la evolución empresarial.

## MÉTODO

De acuerdo al estudio realizado se describe una investigación descriptiva ya que se enfoca en la solución de problemas que están involucrados en procesos productivos o la comercialización de bienes o servicios consumibles donde interviene la actividad del ser humano, y la fase correlacional consiste en la determinación del grado de asociación existente entre la “confiabilidad en el rendimiento de las máquinas productivas” y “el plan de mantenimiento preventivo”.

El diseño considerado en la investigación es mixto, en donde la parte documental consta de la revisión que se realizó al historial de las fallas de las máquinas en la empresa y la fase no experimental o también conocido como estudio de campo, se realizó a través de un pre-test y un post-test, para medir la relación entre la confiabilidad en las máquinas empresariales y el plan de mantenimiento preventivo.

La presente investigación es aplicada, debido a que se dió una solución factible al problema identificado sobre los bajos niveles de confiabilidad de las máquinas en la empresa por medio de las teorías ya probadas por la comunidad investigadora en materia de mantenimiento preventivo.

### **Dimensión diagnóstica**

Se utilizó el indicador de criticidad, calculándose con el producto de la frecuencia por la ocurrencia de las fallas de las máquinas.

### **Dimensión control**

Se utilizaron tres indicadores: 1. cumplimiento de actividades de mantenimiento, que es igual al cociente de las actividades de mantenimiento ejecutadas entre las programadas. 2. cumplimiento de horas de mantenimiento, que es igual al cociente de las horas de mantenimiento preventivo ejecutadas entre las planificadas; y 3. cumplimiento de costos de mantenimiento, que es igual al cociente del presupuesto ejecutado entre lo programado.

### **Dimensión MTBF (tiempo promedio entre paradas)**

El indicador se calculó con el cociente de la resta del tiempo total disponible menos el tiempo perdido entre el número de fallas.

### **Dimensión MTTR (tiempo medio de reparación de avería)**

Este indicador se calculó con el cociente del tiempo de reparación o de mantenimiento sobre el número de fallas o de reparaciones.

## Población y muestra

La unidad de análisis para el presente estudio es la máquina del área de producción del Molino San Francisco S.A.C, por ende la población estuvo conformada por treinta y dos (32) máquinas del área de producción del Molino San Francisco S.A.C. Como las condiciones eran favorables en el estudio para trabajar con la población no fue necesaria la escogencia de una muestra. Vale mencionar que las máquinas fueron evaluadas durante un período de 12 semanas, divididas en 6 de pre-test y 6 de post-test.

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Entre las técnicas que se utilizaron en la presente investigación están:

- La observación; se utilizó para evaluar el funcionamiento de las máquinas, lo cual servirá para el llenado de los formatos de registro de las máquinas para la elaboración de una lista de cotejo, para la elaboración del AMEF, un diagrama de Ishikawa, entre otros.
- Análisis documental; se hizo uso de esta técnica para consultar el historial de las fallas de las máquinas, para llenar los formatos de confiabilidad según los datos históricos que maneja la empresa y para llenar las fichas técnicas de las máquinas.

En la investigación se diseñaron los siguientes instrumentos:

- Lista de chequeo; el cual está constituido por ocho (8) ítems de la fase diagnóstica y nueve (9) de la fase de control.
- Formato de registro de máquinas; se estructuró de la siguiente manera: Descripción de la máquina, fecha de adquisición, especificaciones técnicas, características de uso, función, mantenimiento, control/consideraciones para la operatividad.
- Formato de registro de fallas; el contenido describe el nombre de máquina, el motivo de la falla, frecuencia (F), ocurrencia (O), criticidad (F\*O).
- Formato AMEF; la información que contiene este documento es: código de máquina, modos de falla potenciales, efectos de fallas potenciales, causas potenciales, controles de ocurrencia, acciones recomendadas, acciones implementadas.
- Diagrama de Ishikawa; Las espinas están segmentadas por la siguiente información: mano de obra, materia prima, máquina, método y medio ambiente.

## Técnicas e instrumentos de recolección de información

Se consideraron para esta fase el Formato para el registro de fallas de las máquinas; los Formatos de confiabilidad para pre-test y post-test; y el Formato para el registro de fichas técnicas de las máquinas.

## Técnicas de procedimiento y análisis de datos

Para llevar a cabo el análisis e interpretación de los resultados de esta investigación se emplearán dos (2) tipos de análisis de datos: análisis descriptivo y análisis inferencial. En primera instancia, por medio del análisis descriptivo se buscó describir e interpretar cada uno de los resultados presentados en las tablas, figuras o gráficas de cada objetivo desarrollado de este trabajo.

Mientras que el análisis inferencial se realizó por desarrollar la contrastación de la hipótesis de esta investigación a través de una prueba de normalidad y a partir de allí se optó por elegir la prueba de muestras apareadas a través del software SPSS.

## Procedimientos

En el diagnóstico inicial antes de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Molino San Francisco S.A.C., 2023; se aplicó un check list o lista de chequeo para conocer el estado de las máquinas de manera inicial, así como una encuesta a los trabajadores que operan dichas máquinas con el

fin de conocer el estado de su trabajo frente a la funcionalidad de dichos artefactos, y cómo contribuyen a su cuidado para posteriormente someter dichos datos al software SPSS v25 y diseñar las respectivas tablas y gráficos según se requirió, alineando la información obtenida con el análisis descriptivo de la investigación.

Asimismo, se aplicó la técnica de análisis documental a través de unos formatos de recolección donde se registraron todos los datos técnicos de las máquinas y la frecuencia de sus fallas, con el fin de tener el inventario inicial y contribuir con el pre-test.

Con respecto a aplicar un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Molino San Francisco S.A.C., 2023 se diseñó siguiendo los parámetros establecidos por los lineamientos para el mantenimiento preventivo de la infraestructura tecnológica del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2015).

Para la elaboración del plan, se consideró la formulación de los objetivos que se mantendrán mediante la ejecución y evaluación, el alcance, el desarrollo del marco legal, los lineamientos generales y específicos, la forma de ejecución y supervisión del mantenimiento implementado, el conteo de la maquinaria así como la identificación de los aspectos técnicos de la tecnología, la planificación de actividades, plazos y recursos, la organización y roles, relación de contratos para el área de mantenimiento, los reportes y la evaluación continua.

Para analizar los resultados obtenidos de la confiabilidad luego de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Molino San Francisco S.A.C., 2023, se realizaron en dos etapas.

En la primera se ejecutó un análisis del indicador de confiabilidad de las máquinas para identificar si hubo un impacto tras la aplicación del plan de mantenimiento preventivo (post-test) y la segunda fue con el análisis inferencial, que gracias al software SPSS v25 se pudo aplicar la prueba de normalidad obteniéndose la información necesaria para realizar la prueba de hipótesis y dar respuesta a que si el plan de mantenimiento preventivo tuvo un impacto positivo en la confiabilidad de la empresa Molino San Francisco S.A.C.

Finalmente, tras obtener toda la información necesaria se procedió a realizar la discusión de resultados comparando los hallazgos con los de los antecedentes y encontrar similitudes o vacíos para dar por finalizada la actual investigación.

## RESULTADOS

El diseño del plan de mantenimiento preventivo está estructurado para garantizar el aseguramiento de la vida útil de las máquinas de la empresa en estudio a través de las distintas actividades preventivas que se buscan establecer, y de esta manera lograr una cultura de cambio y mejora continua. Para lograr la meta trazada se plantea establecer todos los parámetros necesarios e inclusive el personal responsable para la aplicación del diseño del plan de mantenimiento preventivo dirigido a la empresa Molino San Francisco S.A.C.

La estrategia utilizada para el adecuado mantenimiento de los mecanismos de producción está enfocada en la ideología del RCM “Reliability Centered Maintenance”, o “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”, el cual está orientada al aseguramiento de la confiabilidad de las máquinas teniendo en cuenta 5 pilares fundamentales de dicha metodología.

**Figura 1.**  
Pilares de la Reliability Centered Maintenance -RCM



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 1.**  
Diseño de indicadores del plan de mantenimiento preventivo

Indicador	Descripción	Fórmula
Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Indicador que mide la tasa de fallas de manera aleatoria, se puede medir en horas, días, semanas o meses).	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de paradas}}$
Tiempo medio de reparación (MTTR)	Es un indicador que mide el tiempo promedio que se tarda el equipo de mantenimiento en resolver una avería.	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de reparaciones}}$
Eficiencia global de los equipos (OEE)	Es un indicador que mide el rendimiento de una empresa con respecto de lo que ha producido sin ningún fallo identificado.	$OEE = \text{Utilización} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$
Porcentaje de mantenimiento planificado (PMP)	Es un indicador que detalla el tiempo que se dedica a la programación de las actividades de mantenimiento.	$PMP = \frac{\text{Tiempo planificado para mantenimiento}}{\text{Tiempo total para mantenimiento}}$
Tasa de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo	Analiza el rendimiento y cumplimiento que se tiene del plan de mantenimiento preventivo desde su ejecución.	$TC = \frac{\text{Actividades cumplidas de mantenimiento}}{\text{Total de actividades de mantenimiento}}$

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 2.**

Elaboración del AMEF tomando en consideración la severidad de la falla de la máquina de producción.

Severidad		
ASQ (American Society for Quality)		
Clasificación	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido (proceso)
10	<b>Crítico</b> Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	<b>Crítico</b> Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	<b>Muy Alto</b>	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	<b>Alto</b>	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	<b>Moderado</b>	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	<b>Bajo</b>	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	<b>Muy Bajo</b>	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	<b>Pequeño</b>	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	<b>Muy Pequeño</b>	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	<b>Ninguno</b>	Ningún efecto.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.**

Elaboración del AMEF tomando en consideración la ocurrencia de la falla de la máquina de producción.

Ocurrencia (Probabilidad de que pase)				
ASQ (American Society for Quality)				
Clasificación	Ocurrencia	Descripción	Frecuencia	Cpk (índice de capacidad real)
10	<b>Muy Alta</b>	La falla del proceso es casi inevitable	1 en 2	0.33
9			1 en 3	0.51
8	<b>Alta</b>	Procesos similares han presentado fallas	1 en 8	0.67
7			1 en 20	
6	<b>Moderada</b>	Muy pocas fallas ocasionales asociadas a procesos similares	1 en 80	0.83
5			1 en 400	1.00
4			1 en 2,000	1.17
3	<b>Baja</b>	Pocas fallas asociadas con procesos similares	1 en 15,000	1.33
2			1 en 150,000	1.5
1	<b>Remota</b>	Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	< 1 en 1,500,000	> 1.67

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.**

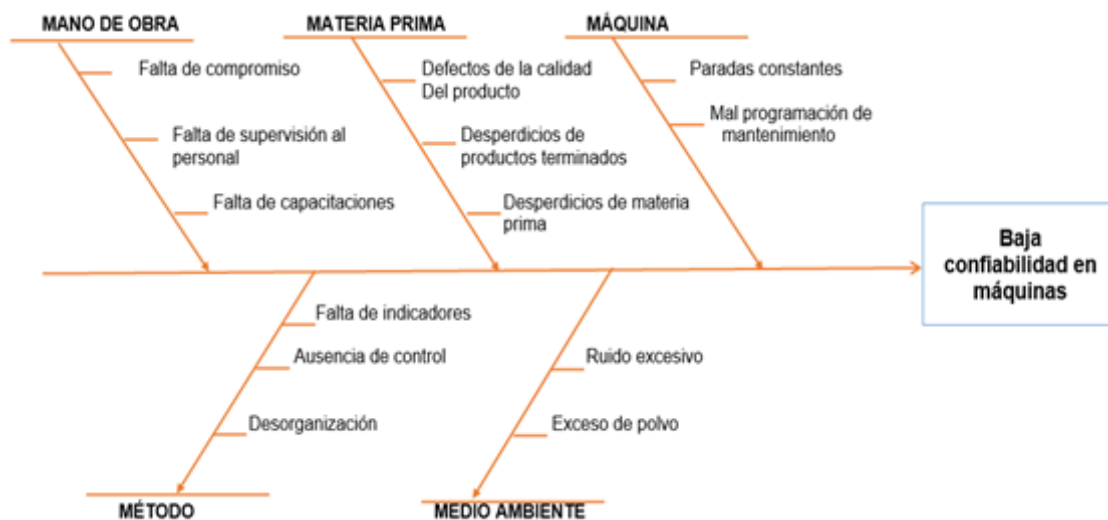
Elaboración del AMEF tomando en consideración la detección de la falla de la máquina de producción.

Detección			
ASQ (American Society for Quality)			
Clasificación	Probabilidad de detección	Oportunidad de detección	Criterio: Probabilidad de detección por control de procesos
10	Casi Imposible	Sin oportunidad de detección	no hay controles en el proceso capaz de detectar o prevenir la causa potencial de falla
9	Muy Remota	Es probable que no se detecte en ninguna etapa del proceso	Hay una probabilidad muy remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
8	Remota	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
7	Muy Baja	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad muy Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
6	Baja	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
5	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
4	Altamente Moderada	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad muy moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
3	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
2	Muy Alta	Detección de errores y/o prevención de problemas	Hay muy alta probabilidad de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
1	Casi Seguro	Proceso a prueba de errores	Es casi seguro que el control de proceso es capaz de detectar o de prevenir la causa potencial del modo de falla

Fuente: Elaboración propia  
 $NPR = Severidad (S) * Ocurrencia (O) * Detección (D)$

**Figura 2.**

Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura anterior existen múltiples causas que generan la baja confiabilidad en las máquinas, entre ellas se tiene la falta de compromiso por parte de la mano de obra, así como

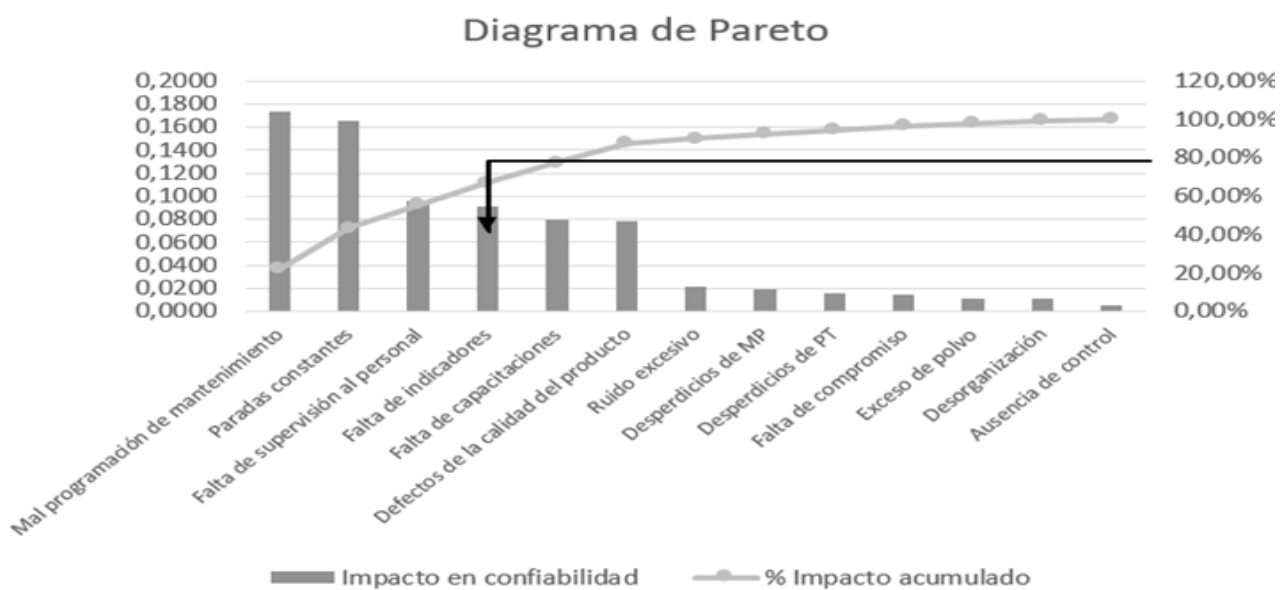


la evidente falta de supervisión al personal y la ausencia de capacitaciones para los mismos, existen defectos en la calidad de los productos, así como desperdicios que terminan por incrementar el índice de averías y en consecuencia la disminución de la confiabilidad.

Además, existía la problemática de que las máquinas eran paradas constantemente y la empresa para ese momento contaba con una deficiente programación de mantenimiento, aunado a la falta de indicadores para sopesar las fallas, un inexistente control del proceso y una gran desorganización. Finalmente, se evidenció que el ruido excesivo y el exceso de polvo repercutieron en la baja confiabilidad de las máquinas.

**Figura 3.**

Diagrama de Pareto para determinar las debilidades de la empresa molinos San Francisco S.A.C



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura anterior, se identificó la falta de capacitaciones con un 73.35%, falta de indicadores para el mantenimiento de las máquinas de producción con un 67.14%, la falta de una supervisión para el personal con un 55.43%, las constantes paradas con una participación del 43.18% y la mala programación de mantenimiento con un 22.12%, son las causas más críticas con respecto del problema de la baja confiabilidad de las máquinas.

Por otra parte, para seguir con el desarrollo del diagnóstico inicial fue necesario la aplicación de una lista de cotejo para determinar el cumplimiento inicial de la dimensión “Diagnóstico”, en donde se obtuvo con un 37,50% que nunca se había realizado una inspección de fugas de líquido, aceite y refrigerante, ni temperaturas de los motores, ni temperaturas de las máquinas en general; además tampoco se efectuó una verificación de sonidos extraños.

También se pudo determinar que casi nunca se cumplen actividades tales como: la limpieza y lavado de las máquinas, la identificación de agentes externos que puedan dañar las máquinas y la detección de mejoras para maximizar la vida útil de las máquinas. Además, se indicó que a veces se cumplen actividades tales como la verificación de los aceites a nivel de motor, fajas y cadenas, así como los refrigerantes.

Igualmente se pudo conocer que casi siempre se ejecutan actividades de inspección de la estabilidad de las máquinas y con el mismo porcentaje siempre se efectúa el chequeo de las vibraciones.

Acto seguido, fue necesaria la aplicación de una lista de cotejo para determinar el cumplimiento inicial de la dimensión “Control” de la variable Plan de Mantenimiento Preventivo, en donde se pudo conocer

que el 22.22% nunca practican en la empresa la difusión de propuestas para la gestión del mantenimiento y el diseño de indicadores para mantener la calidad de las máquinas; asimismo se evidencia con un 22.22% que casi nunca se aplican actividades de inversión en materia de mantenimiento preventivo que esté por encima del mantenimiento correctivo.

De la misma forma, se detectó que a veces se recuperan los tiempos por paro de mantenimiento, igualmente se pudo conocer que casi siempre la empresa está dispuesta a establecer horarios para un mantenimiento preventivo que incluye la asignación de recursos para ejecutarlo, y finalmente se pudo conocer que siempre la empresa mantiene asignado un presupuesto específico para el área de mantenimiento y sus mejoras.

Asimismo, se realizó la identificación del total de máquinas que posee el área de producción de la empresa Molino San Francisco S.A.C., en donde se determinó que existen treinta y dos (32) máquinas, las cuales sirven para múltiples usos y contienen distintas marcas según su categoría. Por otro lado, se procedió a calcular los indicadores de MTBF, MTTR y confiabilidad, obteniendo un promedio la confiabilidad pre-test de 0.7237.

En virtud de los hallazgos anteriormente descritos se pudo determinar que en el diagnóstico inicial del mantenimiento de la empresa Molino San Francisco S.A.C., se encontraron las diversas causas de la baja confiabilidad en las máquinas que se suscitaban de manera continua en el área de producción del molino, así como la falta de compromiso por parte de la mano de obra, la evidente falta de supervisión al personal y la ausencia de capacitaciones para los mismos. De igual forma, se observó que existen defectos en la calidad de los productos, así como desperdicios que terminan por incrementar el índice de averías y en consecuencia la disminución de la confiabilidad.

#### Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo

La aplicación del mantenimiento en la empresa Molino San Francisco S.A.C., se ejecutó en dos fases, donde se logró identificar la eficiencia global de los equipos (OEE) en un 58.74%, el porcentaje de mantenimiento planificado (PMP) en un 66.7% y la tasa de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo en un 40%; asimismo, se programó la ejecución de actividades permitiendo así llevar un orden de las mejoras a realizar; además se codificaron las máquinas con el objetivo de asignar el mantenimiento necesario en el tiempo adecuado.

Por otra parte, se realizó un análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) en el área de producción, con la finalidad de reconocer las fallas de las máquinas de producción y plasmarlas en el instrumento del formato de registro de fallas.

También se incorporó un plan de capacitaciones a los trabajadores, para mejorar sus labores cotidianas y no detener el proceso productivo con su falta de conocimiento; y por último se implementó inspecciones mensuales en el área de producción de la empresa, obteniéndose un registro de ellas a través del instrumento check list.

Analizar los resultados obtenidos de la confiabilidad después de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo

De acuerdo a los cálculos realizados con base a los valores dados por el MTBF y MTTR, se pudo conocer que la confiabilidad promedio del post-test fue de 0.8473 o 84.73% en comparación con el 0.7273 o 72.73% encontrado inicialmente.

Para determinar la variación en porcentajes de la confiabilidad e identificar en cuanto se incrementó, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Variación porcentual} = \frac{\text{Confiabilidad final} - \text{Confiabilidad inicial}}{\text{Confiabilidad inicial}} \times 100$$

$$\text{Variación porcentual} = \frac{0.8473 - 0.7273}{0.7273} \times 100$$

$$\text{Variación porcentual} = 16.49\% \cong 15.50\%$$

Ahora bien, comparando la confiabilidad del pre-test y post-test se pudo determinar que tuvo diferentes comportamientos en los períodos de evaluación y una vez que se realizó el tratamiento estadístico correspondiente se procedió a darle respuesta a las hipótesis plantadas en la investigación, las cuales se presentan a continuación:

### Hipótesis de la Investigación

H0: El plan de mantenimiento preventivo no tiene una influencia significativa en la confiabilidad de la empresa Molino San Francisco S.A.C.

H1: El plan de mantenimiento preventivo tiene una influencia significativa en la confiabilidad de la empresa Molino San Francisco S.A.C.

Conforme a los resultados analizados por la prueba de muestras apareadas se rechaza la hipótesis nula y por ende se acepta que el plan de mantenimiento preventivo tiene una influencia significativa en la confiabilidad de la empresa Molino San Francisco S.A.C.

En relación con los resultados de la confiabilidad después de la aplicación del mantenimiento, se estableció mediante el instrumento del formato de cálculo de confiabilidad del post-test un nuevo resultado de 0.85 presentándose una variación porcentual del 16.49% respecto a la confiabilidad inicial, de esta manera se reconoció que la aplicación de un correcto plan de mantenimiento preventivo mejoró el indicador de las máquinas de producción de la empresa considerablemente.

En virtud de los hallazgos del presente estudio se realizó una comparación con la investigación de Quinteros (2021); Puentes et al. (2021); Chiguano (2020); Monsalve (2020), debido a que en esas investigaciones se hace mención a que en la fase diagnóstica de la situación inicial de las empresas lo realizaron con la ayuda de los instrumentos del check list, la observación directa y la encuesta, descubriendo que existe una baja confiabilidad por falta de capacitaciones, una gran cantidad de averías, paradas con alta frecuencia y falta de programación de mantenimiento a las máquinas.

De igual manera, se contrastó con el estudio de Laguna (2020) ya que a través del instrumento de la observación directa se reconoció la problemática que sufre la empresa como: paradas por fallas de las máquinas, pérdida de producción, fallas por fenómenos como desgaste, corrosión y abrasión, lo que ocasiona la reducción de la vida útil de las máquinas y equipos. Asimismo, mediante el instrumento del formato de cálculo de indicadores, se halló el MTTR con un valor de 1.79 horas/falla, el MTBF con un valor de 82.58 horas y la confiabilidad inicial fue de 37.45%.

En relación con la aplicación del mantenimiento en la empresa Molino San Francisco S.A.C., se hizo la comparación con la investigación de Chiguano (2020) ya que de igual forma aplicó un plan de acción para el mantenimiento planificado, implementado capacitaciones para los trabajadores del área en estudio, con la finalidad que tengan conocimiento de la funcionalidad de todas las máquinas y equipos; de la misma forma se implementaron las inspecciones en determinados tiempos o períodos, con el objetivo de que todas las actividades se estén realizando eficientemente sin ninguna parada. Conjuntamente, se diseñó el indicador de la OEE el cual se obtuvo como valor el 82.65%.

Con respecto a la criticidad de los equipos manejados en la empresa, se vincula con la investigación realizada por Laguna (2020) debido a que antes de realizar el mantenimiento ejecutó un análisis de criticidad mediante una matriz, obteniendo un nivel total de 90; igualmente se codificaron los equipos con el objetivo de saber cuáles necesitan mejoras; del mismo modo se utilizó el instrumento del

formato de fallas funcionales y el diagrama de árbol de fallas para identificar que máquinas presentan inconvenientes y cuáles son sus posibles soluciones, implementando tareas de mantenimiento para el sistema de molienda en estudio.

De igual forma, se contrastó con la investigación de Callirgos (2021) debido a que en la parte de aplicación del plan de mantenimiento primero se realizó una evaluación de la criticidad de los equipos, reconociendo que se consideró en nivel importante el 70% de las máquinas y en nivel prescindible el 35%, adicionalmente se elaboró un inventario de los equipos que se encuentran en el área de producción; del mismo modo se programó las actividades y recursos para el mantenimiento a través de un cronograma de implementación de mejoras con la finalidad que se ejecuten de forma ordenada.

En relación con los resultados de la confiabilidad después de la aplicación del mantenimiento, se estableció mediante el instrumento del formato de cálculo de confiabilidad del post- test, reconociendo así que la aplicación de un correcto plan de mantenimiento mejora el indicador considerablemente.

De acuerdo a los datos presentados, se comparó con la investigación de Monsalve (2020) porque el estudio que realizaron constaba de un cotejó entre los resultados iniciales y finales de confiabilidad, obteniendo una variación de 6.5%, debido a que inicialmente este indicador tenía un valor de 92% y con la aplicación del mantenimiento en el área de estudio mejoró a 98%.

Finalmente, se contrastó con el estudio de Laguna (2020) debido a que realizó en su objetivo una contrastación de los resultados de la confiabilidad, obteniendo inicialmente un valor de este indicador de 37.45% y finalmente un valor de 51.62%, representando una variación de 27.5%, con ello se deduce que todo lo implementado referente al mantenimiento en la empresa mejoró el indicador de la confiabilidad en la empresa.

## CONCLUSIONES

Acorde al diagnóstico inicial de la empresa Molino San Francisco S.A.C., se logró identificar las principales causas que originan la baja confiabilidad en las máquinas, entre ellas estaban la falta de compromiso por parte de la mano de obra, la ausencia de capacitaciones, los defectos en la calidad de los productos, las paradas constantes y la deficiente programación de mantenimiento.

Asimismo, a través de los instrumentos del formato de registro de máquinas se reconoció la existencia de 32 máquinas con sus respectivas características y con el formato de cálculo de indicadores se halló el valor inicial de la confiabilidad de 0.72 y el MTBF Y MTTR con un valor de 3.14 y 0.48 respectivamente.

Con respecto a la aplicación del mantenimiento preventivo en la empresa se empezó por hallar los indicadores de eficiencia global de los equipos (OEE) obteniendo un valor de 58.74%, el porcentaje de mantenimiento planificado (PMP) en un 66.7% y la tasa de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo en un 40%.

Igualmente se programó la ejecución de actividades, se codificaron las máquinas, se incorporó un plan de capacitaciones a los trabajadores, se realizó un análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) en el área de producción, y por último se implementó inspecciones mensuales en el área de producción de la empresa, permitiendo que todo se ejecutase eficientemente.

En relación con la comparación de la confiabilidad después de la aplicación del mantenimiento en la empresa, se logró determinar una variación porcentual de 16.49% respecto a la confiabilidad posterior a la implementación del plan preventivo, demostrando una mejora del indicador de una manera considerable.

Y para culminar la investigación, se realizaron las pruebas estadísticas pertinentes, obteniendo una confiabilidad del pre-test del 0,724 y para el post-test se obtuvo un 0,848, adicionalmente se realizó un

contraste de hipótesis en la que se concluyó que el plan de mantenimiento preventivo tuvo una influencia positiva en la confiabilidad de la empresa Molino San Francisco S.A.C.

## REFERENCIAS

- Castellón L., (2018). Plan de mantenimiento preventivo para las máquinas productoras de helado de la fábrica Belén de la ciudad de Estelí, realizado en el II semestre de 2017. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 1–13. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/8948/1/18878.pdf>.
- Callirgos M., (2021). Sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad de los equipos del área de elaboración de la empresa Agropucalá S.A.A [en línea]. S.l.: Universidad Señor de Sipán. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8534>.
- Chiguano W., (2020). Desarrollo de un plan de mantenimiento en el subproceso de molienda en la industria Harinera S. A [en línea]. S.l.: Universidad Técnica Ambato. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31428>.
- Díaz A., Villar L., Cabrera J., Gil A., Mata R. & Rodríguez A., (2016). Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de trasmisión eléctrica. Ingeniería Mecánica [en línea], vol. 19, no. 3, pp. 137–142. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v19n3/im03316.pdf>.
- Laguna, R., (2020). Propuesta de implementación de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, para mejorar la disponibilidad de equipos y maquinaria críticos, en línea de molienda de la Empresa Minera Antamina – Ancash [en línea]. S.l.: Universidad César Vallejo. Disponible en: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3512/1/TL\\_MonsalveRamosCristhianJesus.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3512/1/TL_MonsalveRamosCristhianJesus.pdf).
- Monsalve, C., (2020). Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo en el Molino El Chamesino S. A. C. para incrementar su productividad [en línea]. S.l.: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Disponible en: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3512/1/TL\\_MonsalveRamosCristhianJesus.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3512/1/TL_MonsalveRamosCristhianJesus.pdf).
- Puentes, M., Reyes, D. & Rivas, E., (2021). Diagnóstico de un plan de mantenimiento preventivo para un Molino MRV 200 en la Compañía Colombiana de Cerámica S.A.S. CORONA [en línea]. S.l.: Universidad ECCI. Disponible en: <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1286>.
- Loo, C., (2021). Efecto de las nuevas tecnologías en el Perú. TecnoHumanismo [en línea], vol. 1, no. 2, pp. 62–73. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8178979>.
- Rosenthal, R., (2020). Análisis de planes de mantenimiento preventivo y su impacto en la confiabilidad de los equipos electrónicos en el periodo 2008-2019: una revisión de la literatura científica. Universidad Privada del Norte [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 32. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25714?show=full>.
- Quinteros, V., (2021). Evaluación del estado actual y propuesta de mejora del mantenimiento en el área de molinos en un ingenio azucarero [en línea]. S.l.: Universidad de el Salvador. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/23490/1/EVALUACIONDELESTADOACTUALYPROPUESTADEMEJORADELMANTENIMIENTOENELAREADEMOLINOSUNINGENIOAZUCARERO.pdf>.