

Preventive Maintenance Management Proposal to Increase the Availability of Online Sealing and Packaging of Canned Tuna, Ancash 2022

Mariana Anyelina, Cangalaya del rio, Industrial Engineering Bachelor¹ and Miguel Enrique Alcalá Adrianzén, Doctor of Science and Engineering²

¹Universidad Privada del Norte, Perú, mariana8delrio@gmail.com

²Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.alcala@upn.edu.pe

Abstract– The objective of this investigation is to determine to what extent the application of the preventive maintenance management proposal influences the inherent availability of the machine in the packaging and sealing area of the canned tuna production line. The implementation of the preventive maintenance management proposal was carried out through field observation and documentary recording of the historical data of failures of the most critical machine, which was identified as the can seamer. Through the application of the proposal, it was possible to increase the inherent availability and its measurement indicators. The result confirms the importance of the preventive maintenance function in the role of maintaining and improving the availability of its assets. The research presented, as its main contribution, an extensive analysis of the application of preventive maintenance to increase the inherent availability of the machine in a tuna canning company.

Keywords– AMFE, Criticality analysis, time study, can seamer.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Propuesta de Gestión de Mantenimiento Preventivo para Aumentar Disponibilidad de Sellado y Envasado en Línea de Conservas de Atún, Ancash 2022

Mariana Anyelina, Cangalaya del rio, Bachiller Ingeniería Industrial¹ y Miguel Enrique Alcalá Adrianzén, Doctor en Ciencia e ingeniería²

¹Universidad Privada del Norte, Perú, mariana8delrio@gmail.com

²Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.alcala@upn.edu.pe

Resumen– La presente investigación tiene como objetivo determinar en qué medida influye la aplicación de la propuesta de la gestión del Mantenimiento preventivo en la disponibilidad inherente de máquina del área de envasado y sellado de la línea de producción de conservas de atún. La implementación de la propuesta de gestión de mantenimiento preventivo se realizó mediante la observación de campo y registro documental de los datos históricos de fallas de la máquina más crítica, la cual fue identificada como la cerradora de latas. Mediante la aplicación de la propuesta se alcanzó a incrementar la disponibilidad inherente y sus indicadores de medición. El resultado confirma la importancia de la función del mantenimiento preventivo en el papel de mantener y mejorar la disponibilidad de sus activos. La investigación presentó, como aportación principal, un extenso análisis de la aplicación del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad inherente de máquina en una empresa de elaboración de conservas de atún.

Palabras clave– AMFE, Análisis de criticidad, estudio de tiempo, cerradora de latas.

I. INTRODUCCIÓN

Las organizaciones manufactureras encausaron la necesidad de mejorar sus diferentes procesos productivos, utilizaron una planificación óptima de producción y control, lo cual garantizó la disponibilidad de los artículos finales en cantidades y fechas de entrega planificadas y establecidas [1]. Por otro lado, la industria conservera del Perú produjo una gran variedad de tipos de conservas de pescado, Ancash representó, entre 1999 y 2018, el 66% de la producción nacional de conservas (enlatados) de pescado y mariscos [2]. Dentro del proceso de industrialización del atún, las presentaciones en lata y congelado fueron las más importantes, a nivel mundial los enlatados de atún representan el 5% de todos los productos enlatados [3].

La disponibilidad inherente se expresó como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir [4]. En la práctica, la disponibilidad de máquina se modeló con el Sistema SPS_Optimizer considerando el tiempo de preparación de una máquina para procesar una operación. [5]. El mantenimiento fue el encargado de sostener la disponibilidad y de la confiabilidad, siendo este hecho ignorado o menospreciado por las gerencias de muchas instalaciones [6].

El nivel de competitividad de las empresas y la necesidad de superar los estándares de calidad generó de manera imprescindible la implantación de una estrategia de

mantenimiento para la mejora y confiabilidad de sus procesos [7]. En este escenario, las investigaciones sobre la gestión del mantenimiento fueron relevantes porque sus objetivos afectaron directamente a la confiabilidad del sistema, los indicadores de calidad, los requisitos de seguridad, los impactos ambientales y los costos de operación [8]. De entre todos los métodos y sistemas desarrollados se determinó el mantenimiento preventivo y en muchos artículos de investigación confirmaron el impacto positivo de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en la organización. [8].

El mantenimiento garantizó la disponibilidad de los equipos e instalaciones en su totalidad de capacidad para atender los requerimientos de los procesos de producción o servicio con la total confiabilidad y seguridad [9].

El Análisis de criticidad permitió establecer la jerarquía o prioridades de instalaciones, la suma de las dimensiones brindó un puntaje asignado que resulta en Criticidad alta, media y baja. [10]. Criticidad Alta (212 – 207), criticidad media (174 – 111) y criticidad baja (63 – 49) [11].

El AMEF fue una metodología analítica que se aplicó para fallas potenciales, donde los beneficios son claros y potencialmente significativos, con el NPR (Número de riesgo de Prioridad), se determinó utilizando la fórmula de la ecuación (1) [12].

$$\text{NPR} = \text{Severidad (S)} * \text{Detectabilidad (D)} * \text{Ocurrencia (O)} \quad (1)$$

Para un NPR igual a 125, se consideró Falla Aceptable, entre 125 y 200 como Falla Reducible a deseable y mayor a 200 se consideró Falla Indeseable [13].

La disponibilidad inherente, basada en la distribución de fallos y tiempo de reparación, excluye las paradas por mantenimientos preventivos, demoras en suministros, y demoras administrativas [14]. Esta disponibilidad inherente bajo situaciones de trabajo especificado y un excelente de soporte logístico funcionó correctamente. Se calculó a través de la ecuación (2).

$$\text{Disponibilidad Inherente} = \left[\frac{Mtb_f}{Mtb_f + Mttr} \right] \quad (2)$$

MBTF, tiempo promedio de que un equipo, maquina, línea o planta en su función sin interrupción debido a una

posible avería y sin provocar paros en la producción, este se calculó a través de la ecuación (3) [15].

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de paros por fallas}} \quad (3)$$

MTTR, tiempo promedio para reparar la función de un equipo, línea, maquinaria o proceso después de una falla funcional, este incluye el tiempo para analizar y diagnosticar la falla. Este se calculó a través de la ecuación (4)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo en reparación}}{\text{Total de reparaciones}} \quad (4)$$

El diagrama Ishikawa, permitió identificar las posibles causas de un problema en específico, para evitar los errores en la calidad y gestionarlos a tiempo [16]. El diagrama Pareto, permitió priorizar los equipos críticos de los menos críticos con gran facilidad [17]. El impacto del análisis de Pareto se basó en que el 80 % de los efectos provienen del 20% de las causas [18].

Ref. [19], el estudio de tiempos y movimientos fue una técnica que implicó establecer un estándar de tiempo de cada una de las operaciones que componen cualquier proceso, así también se analizó los movimientos de un operario para llevar a cabo dicha operación. El tiempo observado, se determinó de las observaciones efectuadas durante el estudio. [20]. Se calculó a través de la ecuación (5).

$$T_o = \frac{\text{Suma del total}}{\text{N}^\circ \text{ de ciclos de ciclos}} \quad (5)$$

Tiempo Normal, fue el tiempo necesario para la ejecución de una operación trabajando a actividad normal [21]. Este se midió a través de la ecuación (6).

$$T_n = \text{Tiempo Observado} * \text{Factor de Calificación} \quad (6)$$

Tiempo Estándar, medición del tiempo requerido para una unidad de trabajo, indica lo que puede producirse en un día normal de trabajo [20]. Se calculó a través de la ecuación (7).

$$T_e = \text{Tiempo Normal} * \text{Factor de Tol} (1 + \% \text{ Suplemento s}) \quad (7)$$

De acuerdo con lo descrito, se formuló la pregunta de investigación. ¿En qué medida influye la aplicación de la propuesta de gestión de Mantenimiento Preventivo en la disponibilidad del área de sellado y envasado en línea de conservas de atún, Ancash 2022?

El objetivo general fue, determinar en qué medida influye la propuesta de gestión de Mantenimiento Preventivo en la disponibilidad del área de sellado y envasado en línea de conservas de atún, Ancash 2022.

Como objetivos específicos, se establecieron:

- 1) Determinar la disponibilidad de máquina antes de la propuesta y sus causas raíz.
- 2) Elaborar la propuesta de gestión de Mantenimiento Preventivo del área de sellado y envasado.
- 3) Determinar los indicadores de disponibilidad de máquina después de la propuesta.
- 4) Evaluar la situación económica de la propuesta.

Como hipótesis se planteó, la Propuesta de Gestión de Mantenimiento Preventivo aumenta la disponibilidad en 10% en el área de envasado y sellado en línea de conservas de atún, Ancash 2022.

Ref. [22], tomaron en cuenta la importancia de la gestión de mantenimiento preventivo de la máquina crítica. Esta investigación se justificó teóricamente, porque aportó conocimientos del mantenimiento preventivo y su impacto en la disponibilidad inherente. Por otro lado, de forma metodológica se usó el método científico, aplicando un diseño propositivo. Ref. [23] afirmó que los diseños propositivos se refieren a una búsqueda sistemática en el método científico.

II. METODOLOGÍA

La investigación se realizó siguiendo un diseño tipo cuantitativo, de manera estructurada y se analizó los datos obtenidos, pues estos se utilizaron para medir el éxito de la intervención [24]. La investigación fue de nivel descriptiva propositiva, tal cual describe la situación de las cosas en el presente [25]. Ref. [26] fundamentó los diseños preexperimentales en el enfoque cuantitativo y en el paradigma deductivo, ya que miden variables y su aplicación debe sujetarse al diseño concebido con antelación; al desarrollarse, el investigador está centrado en la validez, el rigor y el control de la situación de investigación.

Ref. [27] determinó seguir con un diseño de un solo grupo de medición antes de la mejora con otra posterior medición de la disponibilidad.

La unidad de estudio fueron las actividades realizadas en la gestión del Mantenimiento en el área de envasado y sellado de la línea de conservas de atún. Asimismo, la población de la investigación fue, las actividades de la gestión de mantenimiento en el área de envasado y sellado de la línea de conservas de atún. Por ello, la muestra fue censal en el cual se incluyeron dichas actividades. Las cuales fueron, limpieza y lubricación, inspección y ajuste de rullinas de 1° y 2° operación, revisión y ajuste de mandriles, inspección y lubricación cabezal de cierre y ajuste de plato de compresión.

En cuanto a las técnicas que se emplearon para la recolección de datos fueron la observación directa y análisis documental. Como principal técnica se utilizó la observación de campo, que consistió en describir y representar los documentos de forma unificada [28]. Ref. [29] subrayó la importancia de realizar registros y elaborar anotaciones de campo durante el ingreso y desarrollo completo del estudio. Mediante el instrumento de registro documental, se evidenció los fallos y averías que presentaron las máquinas del área de envasado y sellado de la línea de producción de atún. Así como también,

la técnica de mantenimiento empleada por la empresa en estudio.

El proceso de recolección de datos abarcó mediante la información obtenida por observación de campo y análisis documental, el cual se obtuvo como resultado: el Registro de máquinas, el registro histórico de fallas, el tiempo de reparación de las máquinas y frecuencia de fallas del área de envasado y sellado de la línea de conservas de atún. Por otro lado, se realizó un estudio de tiempos después de la propuesta, para determinar el tiempo estándar del proceso del mantenimiento preventivo de la maquina cerradora de latas. El análisis de datos también tuvo lugar mediante el software Minitab, el cual arrojó la prueba de normalidad y cartas de control, aplicados por cada causa raíz.

Como primera etapa, mediante la revisión documental histórica, según el registro de máquinas y aplicado el análisis de criticidad, se jerarquizó las maquinas del área de envasado y sellado, de este modo la maquina con mayor criticidad se aplicó la herramienta AMEF, este análisis nos permitió analizar la frecuencia de fallos y la consecuencia de acuerdo con criterios de evaluación. Luego de haber observado y seleccionado los principales problemas, con la herramienta de diagnóstico se determinaron las causas raíz que produjeron la baja disponibilidad aplicado en la maquina con mayor criticidad. Con ello, se obtuvo la monetización por cada causa raíz. Se evaluaron los indicadores del tiempo medio entre fallas MTBF, el tiempo medio para reparar MTTR, la tasa de fallos, para finalmente calcular disponibilidad de la máquina más crítica.

Como segunda etapa, cumpliendo con el segundo objetivo, se planteó la propuesta de Mantenimiento preventivo, un procedimiento que asegura que un elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional, con el diseño de gestión de mantenimiento preventivo planteado se realizó un estudio de tiempo del mantenimiento preventivo diario aplicado para el operador de la máquina.

En la tercera etapa, se midió los indicadores en base a la propuesta de gestión del mantenimiento Preventivo dando como resultado una comparación de la situación anterior con la situación actual en que se encuentra la empresa de elaboración de conservas de atún.

La cuarta etapa, se trató de la validación del modelo mediante el análisis Costo-Beneficio de la propuesta y finalmente la evaluación financiera, acreditado por un préstamo bancario.

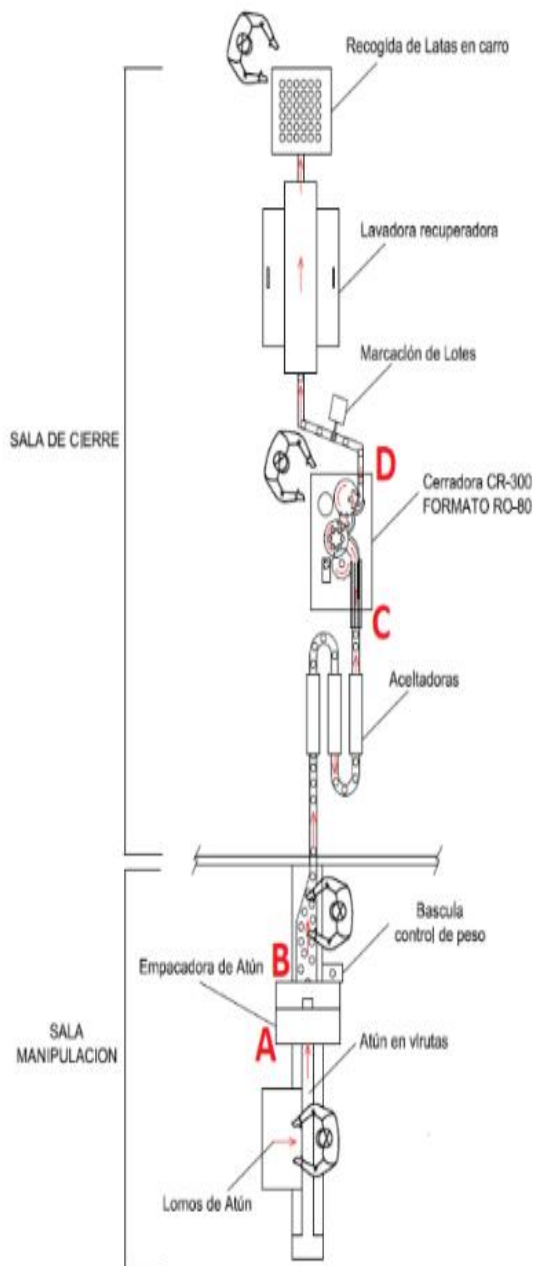
En esta investigación se utilizó datos recolectados con la autorización de no usar el nombre de la empresa, dicha información se utilizó con fines académicos. Se mantiene el respeto a la privacidad y parámetros de la organización.

III. RESULTADOS

A. Determinar la disponibilidad de máquina antes de la propuesta y sus causas raíz.

Se evaluó todas las máquinas y equipos del área de envasado y sellado de la línea de producción de conservas de atún de la empresa, con la finalidad de determinar la disponibilidad inherente de máquina mediante la medición de los indicadores.

Fig. 1 Máquinas en la línea de atún (empacado y cierre) [30]



Se realizó un análisis de criticidad de las máquinas y equipos del área de envasado y sellado de la línea de producción de atún, se tuvo como resultado; la maquina cerradora de latas como equipo más crítico. Utilizando la técnica del AMEF (Análisis de modo y efecto de falla) se

diagnosticó los problemas comunes que presenta la cerradora de latas en la línea de conservas de atún. Según el análisis AMEF, indicó que el sistema de cierre de envases presenta mayor criticidad, con un NPR 496.

Según la bitácora de registro histórico de fallos en el año 2020 de la máquina cerradora de latas, se obtuvieron un registro de incidencias de 93 fallas, 5760 horas/año de tiempo total disponible, 597 horas/año de inactividad, 2021 horas/año de tiempo total de reparación. Se calculó el tiempo medio entre fallas (MTBF) de 55.5 horas siguiendo la ecuación (3) y el tiempo medio de reparación (MTTR) de 21.73 horas utilizando la ecuación (4). Se determinó una disponibilidad inherente de 72% de la máquina cerradora de latas, con el uso de la ecuación (2), lo que nos indicó una baja disponibilidad.

Para determinar las pérdidas económicas generadas por las causas raíz, de acuerdo con los datos de la bitácora de registros históricos se utilizó el margen de utilidad promedio S/ 528, el costo de mano de obra fue S/10.5 determinado según datos de la empresa. Utilizando el diagrama de Ishikawa y priorizando con Pareto, se obtuvieron los datos que se muestran en la Tabla I.

TABLA I
MATRIZ DE INDICADORES DE LAS CAUSAS RAÍZ

Cr	Descripción	Indicador	Costo Perdido
Cr1	Equipos en permanente mantenimiento correctivo (inactividad)	597 horas de falla	S/315,477.00
Cr2	Tiempos altos de mantenimientos correctivos en talleres externos	592 Horas de parada	S/312,835.07
Cr3	Equipos parados por falta de componentes críticos	832 Hora de parada	S/439,660.10
Total		2021 Horas de reparación	S/1,067,972.17

B. Elaborar la propuesta de mejora según la metodología del mantenimiento preventivo.

Para la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento preventivo fue necesario un conjunto de actividades coordinadas que dirigen y controlan el proceso. En primer lugar, se inició con la creación de una política de mantenimiento y la definición de objetivos, los cuales estuvieron orientados a la responsabilidad de ejecutar las actividades de mantenimiento cumpliendo con las normas legales vigentes de la organización. Por otro lado, se elaboró un programa de actividades a seguir.

Las actividades de responsabilidad del operario fueron simples como limpieza, lubricación y ajuste.

Actividades de responsabilidad del personal de mantenimiento: la necesidad de un conocimiento más avanzado en mantenimiento, por lo tanto, no fue prudente encargar dichas actividades a los operarios.

En segunda instancia se dividieron las tareas según su tiempo de repetición.

Actividades anuales: principalmente formadas por cambios de cadenas o tareas complejas que necesitan una gran cantidad de horas para su realización. Actividades semestrales: conformadas en su mayoría por revisiones de partes de difícil acceso como los motores de las máquinas. Actividades mensuales: de mayor facilidad y que no requieren mucho tiempo del personal de mantenimiento.

Actividades diarias y semanales: se reparten entre los operarios de cada máquina.

En la Tabla II, se detalló la frecuencia de Mantenimiento Preventivo por pieza considerando los cálculos de MTBF y MTTR, además de los criterios para las tareas anteriormente mencionados.

TABLA II
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR PIEZA

Pieza	Operario	Actividad	Frecuencia
	Tarea a Realizar		
Cadena Transportadora	Limpieza de cadena	Revisión / Reparación	Mensual
Motor	Revisar el estado de fajas del motor	Revisión	Mensual
Mandril	Limpiar y engrasar el mandril	Limpieza / Lubricación	Diario
Eslabones de la cadena	Estado de eslabones de la cadena	Revisión	Semanal
Canal de alimentación de tapas	Estado del sistema automático de tapas	Revisión / Ajuste	Semanal
Brazo de marcha de cerradora	Estado de las rulinas que realizan el doble cierre.	Revisión /Ajuste	Diario
Soporte de la cadena y exbloker	Revisar el soporte de la cadena en el exbloker	Revisión	Semanal
Motor eléctrico	Revisión de engrasado, humedad, limpieza y estado de contactores, revisión de fajas.	Revisión / Limpieza/ Lubricación	Mensual / Anual
Cabezal de cierre	Revisión y lubricación	Revisión / Cambio	Semanal
Caja de transmisión de engranaje	Mantenimiento y engrase	Ajuste / Lubricación	Mensual
Engranaje de tornamesa de entrada	Mantenimiento y engrase	Ajuste/ Lubricación	Diario
Tambor de engranaje de cabezales	Mantenimiento y engrase	Revisión/ Cambio	Semanal
Plato de compresión	Mantenimiento y engrase	Ajuste/ Lubricación	Diario
Ejes portamandril	Lubricación	Revisión/ cambio	Semanal
Rulinas de cierre	Lubricación	Lubricación	Diario

Se registró 10 mediciones, aplicadas a través de las observaciones de campo de las actividades diarias realizadas en el Mantenimiento preventivo en la maquina cerradora de latas, tales como: limpieza, inspección, revisión, lubricación y ajuste. Para el estudio de tiempos se aplicó el factor de calificación, se consideró los criterios de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia en base al sistema Westing House, resultando un valor de 1.38 para determinar tiempo Normal. El factor de valoración del operario como tiempo que se pierde necesariamente en toda jornada laboral y los suplementos. Fueron, suplementos constantes por necesidades personales y fatiga; suplementos variables por trabajo de pie, postura anormal y uso de fuerza resultando un valor de 0.19 para determinar el tiempo Estandar.

En tabla III, se aplicó las ecuaciones (5), (6) y (7) para realizar el estudio de tiempo de las actividades diarias realizadas en el Mantenimiento preventivo diario aplicado en la máquina cerradora de latas.

TABLA III
ESTUDIO DE TIEMPOS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Actividades	Tiempo Observado Promedio(min)	Tiempo Normal	Tiempo Estandar
Limpieza y lubricación.	4.62	6.37	7.58
Inspección y ajuste de rulinas de 1° y 2° operación.	3.6	4.96	5.91
Revisión y ajuste de mandril	5.01	6.91	8.22
Revisión y lubricación de cabezal de cierre.	3.97	5.47	6.51
Ajuste de plato de compresión.	3.77	5.20	6.19
Total	20.97 min	28.94 min	34.44 min

C. *Determinar los indicadores de disponibilidad de máquina después de la propuesta.*

La disponibilidad inherente de un equipo solo puede aumentarse disminuyendo el tiempo fuera de servicio, lo cual fue posible con la mejora de los sistemas administrativos, los procedimientos, la selección, el entrenamiento, la motivación del personal, la calidad y dotación de herramientas, el equipo de diagnóstico, los sistemas de información de equipos y la optimización de los sistemas de abastecimiento, en la Tabla IV el detalle.

TABLA IV
AHORRO LOGRADO CON LA PROPUESTA

Cr	Antes	Después	Beneficio Logrado
Cr1	597 horas de falla	110 horas de falla	S/315,477
Cr2	592 Horas de parada	240 horas de parada	S/312,835
Cr3	832 Horas de parada	608 horas de parada	S/439,660
Total		958 horas de reparación	S/1,067,972

Tras la aplicación del sistema de gestión del mantenimiento preventivo, se determino 53 fallas, 5760 horas/año de Tiempo de disponible, 110 horas/año de inactividad y 958 horas/año de Tiempo total de reparación. Se observó un incremento del MTBF (tiempo medio entre fallas) a un total de 106.6 horas y el indicador MTTR (Tiempo promedio para reparar) reportó un total de 18.1 horas en reparación. Con la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo se obtuvo un incremento del 14 % en la disponibilidad inherente (86%).

Se determinó los ahorros en costos que se consideraron gracias al impacto del aumento de la disponibilidad inherente de máquina en el área.

Como resultado del estudio de tiempos se logró un ahorro de S/1,067,972 mostrado en la Tabla IV.

D. *Evaluar la situación económica de la propuesta para saber su viabilidad.*

La inversión necesaria para la propuesta fue de S/ 132,162. Se calculó teniendo en cuenta el costo de capacitación, equipos de computo, materiales, mano de obra y respuestos para el mantenimiento.

Se analizó las opciones de financiamiento, mediante recursos propios o intermediario financiero. De las opciones estudiadas, el financiamiento bancario resultó con mayor margen de ganancia en cuanto a los indicadores económicos. Seleccionandose el financiamiento con una entidad bancaria con una tasa de interés de 1.67% mensual. Demostrando que el VAN resultó con un ingreso de 1,629,441 mil soles. Por otro lado, la TIR fue de 59% con la propuesta de financiar con la entidad bancaria.

La empresa mostró un ahorro logrado superior a la inversión de la propuesta, por ello se consideró elegir un financiamiento en el que se cobre la menor tasa de interés, ya que ese factor es importante en la rentabilidad que se desea obtener del proyecto. Lo que permitió efectuar los pagos de las cuotas establecidas en el cronograma de pago en un periodo de 12 meses.

El periodo de recuperación de la inversión comprende el tiempo en que el inversor logra recuperar el monto invertido, esto se calcula mediante la razón entre el punto equilibrio en ventas y la proyección anual de ventas, resultando en un periodo de 8 meses.

IV. DISCUSIÓN

Se planteó como primer objetivo determinar la disponibilidad de máquina antes de la propuesta y sus causas raíz, para ello se determinó las maquinas criticas del área de sellado y envasado de la línea de conservas de atún, de los cuales resultó la maquina cerradora de latas con mayor frecuencia de fallas, con ello se determinó la baja disponibilidad de máquina. Resultados similares Ref. [32] concluyó diciendo: las estrategias utilizadas para la gestión de

mantenimiento preventivo ayudan a optimizar en un 70% la confiabilidad de los equipos.

Como segundo objetivo se planteó elaborar la propuesta de mejora según la gestión de Mantenimiento Preventivo, con ello se mejoró el sistema crítico diagnosticado. Ref. [33] afirmó que la gestión de mantenimiento preventivo pudo mejorar las condiciones de funcionamiento y detectar las posibles fallas potenciales que pueden ocasionar paradas en la producción.

Por medio de los indicadores se determinó la disponibilidad inherente después de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento preventivo, el resultado fue el incremento del 14% de la disponibilidad de la cerradora de latas. Ref. [34] concuerda en su propuesta de implementación del plan de mantenimiento preventivo, el cual logró aumentar la disponibilidad inherente de la máquina crítica en más de un 10%, es decir, el torno paralelo de 83.33 % a 93.84%; la fresadora de 84.72% a 94.79% y la mandriladora de 86.97 a 96.96, mejorando de esta manera el rendimiento de la maquinaria.

Se evaluó la situación económica y viabilidad de la propuesta y de acuerdo con los resultados obtenidos, se concluyó aceptar la propuesta de mejora con un préstamo bancario en un plazo de un año, debido a que los indicadores de evaluación económica cumplen con los criterios de aceptación, siendo estos los siguientes; Valor neto actual (VAN) mayor a cero: S/. 1,629,441.02 soles y la tasa interna de retorno (TIR): 59%. Ref. [34] indicó que el mantenimiento representa una inversión que mediano y largo plazo acarreará ganancias no solo para la empresa sino también el ahorro que representa tener operadores capacitados en la rutina diaria de mantenimiento.

La buena gestión del mantenimiento preventivo fue de suma importancia para mejorar la disponibilidad inherente de máquina, esto fue reflejado en el aumento satisfactoriamente de la disponibilidad de la máquina cerradora de latas, se demostró en el análisis estadístico aplicado. Ref. [35] concluyó diciendo: que gracias al programa de mantenimiento propuesto la empresa ahorraría un 30% en costos de mano de obra por intervención repetitiva de las máquinas y a la vez incrementó su producción por lo tanto la productividad.

Fue importante destacar el impacto de un plan de mantenimiento preventivo para cualquier empresa, ya que, con este de una u otra manera, se conocieron los datos o factores que nos darán muestra del estado actual de los equipos; y de esta forma se mejoró la toma de decisiones sobre los mismos. Es por ello que, con los resultados obtenidos y con los antecedentes recuperados. Ref. [31] indicó que, la gestión del Mantenimiento preventivo fue un mecanismo por el cual la empresa optimiza su producción, por lo que disminuirá las paradas imprevistas que se generaban por los equipos en permanente mantenimiento correctivo.

Las limitaciones encontradas fueron el acceso a más información detallada en la observación de campo durante el desarrollo de la investigación.

V. CONCLUSIONES

Se demostró que la propuesta de gestión de Mantenimiento Preventivo influyó de manera positiva en la disponibilidad inherente de máquina del área de sellado y envasado en la línea de conservas de atún en Ancash 2022, se demostró que la disponibilidad incrementó un 14%.

Al realizar el análisis de criticidad de las máquinas del área de sellado y envasado de la línea de producción de atún, se determinó la máquina cerradora de latas con mayor criticidad, con ello se calculó la baja disponibilidad inherente de la máquina antes de la propuesta y su causa raíz, mediante la aplicación de herramientas de diagnóstico.

Se elaboró la propuesta de mejora según la gestión de Mantenimiento Preventivo, en el cual se atacó a la máquina cerradora de latas, sus fallas rutinarias registradas en el periodo del año 2020. En el programa propuesto se determinó el estudio de tiempos de la programación de mantenimiento, a los sistemas que conforman la máquina.

Se determinó la disponibilidad inherente de máquina después de la propuesta, con ello se concluyó que, con la aplicación de la gestión del mantenimiento preventivo propuesto reflejó un aumento en la disponibilidad inherente basado en un buen trabajo planificado y soporte logístico.

Se evaluó la situación económica de la propuesta para saber su viabilidad, por lo que, para la implementación, la empresa invirtió en el sistema para obtener el retorno esperado, lo que conlleva a establecer comparaciones de que resulta práctico implementar la propuesta en la empresa según las pérdidas monetarias por la baja disponibilidad inherente de la máquina cerradora de latas.

Implicancias. Al finalizar la investigación se estableció que las herramientas de ingeniería tales como: Análisis de criticidad, Matriz AMFE, Estudio de métodos, como también herramientas de estandarización tales como: Mantenimiento preventivo, entre otras, permitieron incrementar la disponibilidad inherente de máquina. De esta manera, se determinó que en una empresa con baja disponibilidad inherente de máquina, se podría implementar diversas herramientas de estandarización de procesos en el área de mantenimiento, para dar solución al problema y reducir el lucro cesante en el proceso productivo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud, vida y permitirme culminar con éxito esta etapa de mi formación profesional. De igual manera a mi asesor, el Dr. Miguel Enrique Alcalá Adrianzen, por su constante apoyo, dedicación y motivación para poder culminar el presente trabajo de investigación.

REFERENCES

- [1] N. Canahua. "Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmeccánica." *Industrial Data*, 24(1), 49-76. 2021. <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>
- [2] Sistemas de consulta, Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.inei.gob.pe/sistemas-consulta/>

- [3] R. Matos. Desarrollo de un programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en el área de mezclas especiales de una empresa molinera. *Revista Ingeniería Uc*, 19 (3),66-76. 2012.ISSN: 1316-6832. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70732639008>
- [4] D.H. Mesa, Y. Ortiz y M. Pinzon. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia Et Technica*, vol. XII, núm. 30, pp. 155-160. Universidad Tecnológica de Pereira Pereira, Colombia. 2006. ISSN: 0122-1701. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920491036>
- [5] H. Salazar. Programa de sistemas de Producción con SPS_Optimizer. *Revista Ichio*, pp.33-46. 2020. ISSN 718-9605. https://www.researchgate.net/publication/285244333_Programacion_de_Sistemas_de_Produccion_con_SPS_Optimizer.
- [6] M.Troncoso, H. Acosta. El mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de un sistema de generación de vapor Ingeniería Mecánica, vol. 14, núm. 2, pp. 140-150. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría Ciudad de La Habana, Cuba.2011. E-ISSN: 1815-5944. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225117950006>
- [7] R. Matos. Desarrollo de un programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en el área de mezclas especiales de una empresa molinera. *Revista INGENIERÍA UC*, 19 (3),66-76.2012. ISSN: 1316-6832. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70732639008>
- [8] F. Piechnicki, C. Santos, E. Lures and E. Santos. Análisis de implementación de RCM en la producción de fibra de madera: mejorando la productividad y aumentando la confiabilidad del Sistema. *Revista independiente de gestión y producción*. Vol 10 No.6. 2019. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v10i6.1009>.
- [9] S. Brah, W. Chong. Relationship between total productive maintenance and performance. *International Journal of Production Research*, Vol. 42, n°. 12, pp. 2383-2401. 2004. ISSN: 1728-281. DOI: 10.1080/00207540410001661418
- [10]J. García. Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (60),129-140.2011. ISSN: 0120-6230. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43021583012>
- [11]L. Daquinta, C. Perez, J. Águila, R. Pérez, E. García. Metodología de Análisis de criticidad integral de las cosechadoras de caña de azúcar CASE IH. *Revista Ingeniería Agrícola*. Vviejo 8, No. 2.2018. ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761. https://www.researchgate.net/publication/352132179_ARTICULO_ORIGINAL_ARTICULO_ORIGINAL_Metodologia_de_Analisis_de_criticidad_integral_de_las_cosechadoras_de_cana_de_azucar_CASE_IH_A_Metodology_for_Integral_Critical_Analysis_of_Sugar_Cane_Harvesting_M/ink/60ba4a35af6dce22ead92154/download
- [12]A. Castillo; M. Brito and E. Guerra. Análisis de criticidad personalizados. *Ingeniería Mecánica*. Vol. 12. No.3.pag 1-12.2009. ISSN 1815-5944. <https://www.redalyc.org/pdf/2251/225114976001.pdf>
- [13]Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporación. Análisis de modos y efectos de fallas potenciales manual de referencia Cuarta Edición.2008. ISSN 978-1-60534-136-1
- [14]S. Blanchard. *Maintenibility: a key to effective serviceability and maintenance management*. Edit. Wiley Interscience, Series Nuevas dimensiones en Ingeniería, December. ISBN: 0486438678, USA, 1994.
- [15]J. Barragán, J. Ramos, F. Casarez and S. Avalos. Aplicación de las filosofías de mantenimiento productivo total y mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa HANDMADE SHOES S. A de C. V. *Tecnm/Instituto tecnológico de Jiquilpan, Jiquilpan, Mich., México*.2021. <https://doi.org/10.4995/INN2021.2021.13393>
- [16]L.Luca, A. Luca. Ishikawa diagram applied to identify causes which determines bearings defects from car wheels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 564(1). doi:10.1088/1757-899X/564/1/012093 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/564/1/012093>
- [17]S. Hauser. Analysis of Requirement Problems Regarding Their Causes and Effects for Projects with the Objective to Model Qualitative PRIs - Empirical study, *CEUR Workshop Proceedings*.2018. ISSN: 1613-0073, 2075. <https://ceur-ws.org/Vol-2075/DS-paper3.pdf>
- [18]R. Caban. The use of the pareto-lorenz diagram for qualitative analysis of steel rims. *International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings*, 1377–1381. 2020. ISSN: 2694-9296. ISBN: 978- 39 80-87294-97-0. <https://doi.org/10.37904/metall.2020.3660>.
- [19]D. Bello, F Murrieta and C. Cortes. Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias. *Ciencia Administrativa*, Num 1. 2020. ISSN: 1870-9427. <https://www.uv.mx/iesca/files/2020/09/01CA2020-01.pdf>
- [20]F. Meyers. Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura agil. Pearson Education. 2000. https://www.academia.edu/28556729/Meyers_Estudio_de_Tiempos_y_Movimientos_para_la_Manufactura_Agil_2_ed
- [21]J.A. Cruelles. Mejora de Métodos y Tiempos de Fabricación. Marcombo, Ediciones Técnicas (pág. 343).2013. México. ISBN: 9788426718129. <https://www.marcialpons.es/libros/mejora-de-metodos-y-tiempos-de-fabricacion/9788426718129/>
- [22]G. Solis. Gestión De Mantenimiento Preventivo y Confiabilidad en la Máquina Cerradora de cuatro cabezales de la línea de Enlatados de Pollos Empresa Agroindustria Supe S.A. Barranca, 2018. 2018. ISSN: 71929-1891. https://repositorio.unjpsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/2316/SO_LIS%20TRUJILLO%20GUILER.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [23]M. Cienfuegos. Reflexiones en torno al método científico y sus etapas. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y humanísticas*. Vol. 8, Núm. 15. 2019. ISSN:2395- 7972. <https://orcid.org/0000-0002-8423-8088>.
- [24]K. Pole. Diseño de metodologías mixtas Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas. *Revista Arbitrada en Ciencias Sociales y Humanidades*. Num.60.2009. ISSN 0186-4963. https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/252/kathryn_pole.pdf
- [25]H. Darío. Los diseños de investigación cuantitativa en psicología y educación. 2016. ISBN 978-987-688-166-1
- [26]R. Hernández, C. Fernández, and P. Baptista. Metodología de la Investigación (6° Edición). McGRAW-HILL. 2014. ISBN 968-422-931-3 https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf
- [27]C. Botia. Cómo diseñar una investigación para el análisis de las relaciones de género Aportaciones metodológicas. Universidad Pablo de Olavide (UPO). Departamento de Sociología.2012. ISSN 2013-9004. <https://papers.uab.cat/article/view/v98-n3-botia-morillas/pdf>
- [28]M. Dulzaides, A. Molina. Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. *ACIMED v.12 n.2*. 2004.ISSN 1024-9435. ISSN 1024-9435. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000200011
- [29]J. Pineda, V. Fornos. Metodología de investigación enfocado en el análisis Cualitativo–Cuantitativo aplicado a los Factores que condicionan la deserción escolar de los alumnos de secundaria Somotillo. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. 2017.ISSN:2410-7980. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3941752006/>
- [30]J. Vázquez, P. Moreu. Mejora de la efectividad de unas instalaciones de conservas de pescado mediante la reducción de microparasadas. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería*. Universidad de Sevilla. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/92341/fichero/TFG-2341+V%20C3%81ZQUEZ+CLAVERO.pdf>
- [31]W. Murillo, W. “Implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Rcm) en Planta De Alimentos”. 2020. ISBN 19.192891/320. <https://silo.tips/download/implementacion-del-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm-en-planta-de-alim>
- [32]W. Murillo, W. “Implementación del Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (Rcm) en Planta De Alimentos”. 2020. ISBN 19.192891/320. <https://silo.tips/download/implementacion-del-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm-en-planta-de-alim>
- [33]A. Palomino, M. Tokumori, P. Castro, P., C. Raymundo and F. Dominguez. TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector. *Institute of Physics Publishing IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 796, no. 1. 2020. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/796/1/012008. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/796/1/012008>
- [34]J. Ramos, J. “Aumento De La Disponibilidad Mediante La Implementación De Un Plan De Mantenimiento Preventivo a Las Maquinarias De La Empresa Atlanta Metal Drill S.A.C. ”. 2017.

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10142/Ramos%20Sparrow%2c%20Julio%20Oswaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- [35] F. Basame, M. Bejarano. Estudio del impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la Gestión del mantenimiento preventivo en la cantera Salitre Blanco De Aguilar Construcciones S.A. 2009. <http://hdl.handle.net/10554/7237>