



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL AUMENTO DE LA
EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN EN LÍNEAS DE ENVASADO DE ACEITE, BASADO EN LA
METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, EN UNA PLANTA ACEITERA
UBICADA EN ESCUINTLA, GUATEMALA**

Ing. Darwin Aldair García Morales

Asesorado por Mtra. Ing. Susana del Rosario Castañón Mancilla

Guatemala, septiembre 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL AUMENTO DE LA
EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN EN LÍNEAS DE ENVASADO DE ACEITE, BASADO EN LA
METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, EN UNA PLANTA ACEITERA
UBICADA EN ESCUINTLA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE
LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. DARWIN ALDAIR GARCÍA MORALES
ASESORADO POR LA MTRA. ING. SUSANA DEL ROSARIO CASTAÑÓN
MANCILLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADORA	Mtra. Inga. Ericka Nathalie López Torres
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL AUMENTO DE LA EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN EN LÍNEAS DE ENVASADO DE ACEITE, BASADO EN LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, EN UNA PLANTA ACEITERA UBICADA EN ESCUINTLA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería de Estudios de Postgrados, con fecha 14 de enero de 2022.



Ing. Darwin Aldair García Morales

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101-24189102
secretariadeceanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.631.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL AUMENTO DE LA EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN EN LÍNEAS DE ENVASADO DE ACEITE, BASADO EN LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, EN UNA PLANTA ACEITERA UBICADA EN ESCUINTLA, GUATEMALA**, presentado por: **Ing. Darwin Aldair García Morales**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Gestión industrial después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO a.i.
Facultad de Ingeniería

Decano a.i.

Guatemala, septiembre de 2023

JFGR/gaoc



Guatemala, septiembre de 2023

LNG.EEP.OI.631.2023

En mi calidad de Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

"MÓDULO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL AUMENTO DE LA EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN EN LÍNEAS DE ENVASADO DE ACEITE, BASADO EN LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, EN UNA PLANTA ACEITERA UBICADA EN ESCUINTLA, GUATEMALA"

presentado por **Ing. Darwin Aldair García Morales** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 9 de noviembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL** y **ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL AUMENTO DE LA EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN EN LÍNEAS DE ENVASADO DE ACEITE, BASADO EN LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, EN UNA PLANTA ACEITERA UBICADA EN ESCUINTLA, GUATEMALA** del estudiante **Darwin Aldair García Morales** quien se identifica con número de carné **202190154** del programa de Maestría En Gestión Industrial.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto Inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Msc. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador
Maestría En Gestión Industrial
Escuela de Estudios de Postgrado



<https://bit.ly/EEP-OficinaVirtual>



solicitudep@ingenieria.usac.edu.gt

Oficina Virtual



Guatemala, 13 de octubre del 2022

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Coti
Director de Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Señor Director:

Por este medio me permito informarle que asesoré y revisé la tesis del estudiante Ing. Darwin Aldair García Morales, quien se identifica con DPI: 3143 22469 0501 y carné: 999005659, titulada: **MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL AUMENTO DE LA EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN EN LÍNEAS DE ENVASADO DE ACEITE, BASADO EN LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, EN UNA PLANTA ACEITE UBICADA EN ESCUINTLA, GUATEMALA.**

Agradeciendo su atención,

Sin otro particular, muy atentamente



Susana del Rosario Castañon Mancilla
Ingeniera en Industria de Alimentos
Colegiada No. 2930

Mtra. Inga. Susana del Rosario Castañon Mancilla

Colegiado no. 2930

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Porque en su incommensurable misericordia me brindó las fuerzas y los recursos para cursar la maestría.

Mi madre

Por el apoyo incondicional y los ánimos que estuvieron presentes desde el primer día hasta el último en este proceso académico.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	<i>Alma mater</i> de la educación de postgrado y máxima casa de estudios del país.
Mi madre	Por estar al pendiente de lo que necesitaba mientras se desarrollaban las clases en la modalidad virtual.
Mi asesora	Susana del Rosario, por la confianza, el apoyo y la guía para el desarrollo de este estudio.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS	
ORIENTADORAS	XIII
OBJETIVOS.....	XV
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. MARCO TEÓRICO	
1.1. Mantenimiento.....	1
1.1.1. Definiciones	1
1.1.2. Evolución histórica del mantenimiento	3
1.1.3. Tipos de mantenimiento	5
1.1.3.1. Mantenimiento correctivo	5
1.1.3.2. Mantenimiento preventivo	6
1.1.3.3. Mantenimiento predictivo.....	8
1.1.3.4. Mantenimiento modificativo	8
1.1.3.5. Mantenimiento autónomo	9
1.1.4. Gestión de mantenimiento	9
1.1.4.1. Indicadores en la gestión del mantenimiento	12
1.2. Mantenimiento productivo total (TPM).....	14
1.2.1. Definiciones	14

1.2.2.	Ventajas del TPM	16
1.2.3.	Pilares del TPM	17
1.2.3.1.	5S's.....	17
1.2.3.2.	8 pilares del TPM	18
1.2.4.	Etapas para el desarrollo del TPM	22
1.3.	Eficiencia.....	24
1.3.1.	Definiciones	24
1.3.2.	Tipos de eficiencia	25
1.3.3.	Eficiencia en producción.....	26
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	29
3.1.	Objetivo 1. Describir el impacto que tiene la gestión de mantenimiento preventivo en la eficiencia de producción.....	29
3.1.1.	Análisis de tiempos improductivos	29
3.1.2.	Análisis de equipos con fallas y ajustes recurrentes.....	32
3.1.3.	Análisis de la medición de la eficiencia de producción	35
3.1.4.	Análisis de cobertura de personal de mantenimiento	37
3.2.	Objetivo 2. Definir una eficiente gestión de mantenimiento preventivo para la disminución de fallas en equipos y paros en producción que afectan la eficiencia	39
3.2.1.	Programa de mantenimiento preventivo	39
3.2.2.	Programa de mantenimiento autónomo	43
3.2.3.	Recurso humano técnico de envasado para actividades de mantenimiento	46

3.3.	Objetivo 3. Establecer los indicadores para la evaluación de desempeño de un modelo gestión de mantenimiento preventivo.....	47
3.3.1.	Indicadores para la evaluación de desempeño.....	47
3.3.2.	Método de evaluación del modelo de gestión de mantenimiento preventivo.....	47
3.4.	Objetivo 4. Definir un modelo de gestión de mantenimiento preventivo basado en la metodología de mantenimiento productivo total, en las líneas de envasado de aceite para el aumento de la eficiencia de producción	48
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
4.1.	Análisis interno.....	51
4.2.	Análisis externo	52
	CONCLUSIONES	55
	RECOMENDACIONES.....	57
	REFERENCIAS	59
	APÉNDICES	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Mantenimiento industrial: objetivos	3
Figura 2.	Mantenimiento correctivo: ventajas	5
Figura 3.	Mantenimiento correctivo: desventajas	6
Figura 4.	Mantenimiento preventivo: ventajas	7
Figura 5.	Mantenimiento preventivo: desventajas.....	7
Figura 6.	Gestión de mantenimiento: objetivos	11
Figura 7.	TPM: objetivos significativos	15
Figura 8.	Tipos de mantenimiento: orden cronológico	16
Figura 9.	Elementos básicos del mantenimiento autónomo	19
Figura 10.	Pilares del TPM	21
Figura 11.	Participación porcentual por origen de causa.....	31
Figura 12.	Diagrama de Pareto de causas internas de tiempo improductivo	32
Figura 13.	Diagrama de Pareto de equipos con mayor recurrencia de fallas	33
Figura 14.	Comportamiento de horas improductivas de fallas y ajustes por mes.....	34
Figura 15.	Eficiencia del periodo evaluado (diciembre 2021 a julio 2022)	36
Figura 16.	Relación de la eficiencia con las horas de paro por fallas y ajuste	37
Figura 17.	Departamento de Mantenimiento: organigrama	38
Figura 18.	Boleta para requerimiento de mejora o mantenimiento.....	45

Figura 19. Departamento de Envasado: organigrama.....46

TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables	XVIII
Tabla 2.	Etapas para desarrollar el TPM	23
Tabla 3.	Programa de mantenimiento preventivo para equipos de líneas de producción.....	40
Tabla 4.	Programa de mantenimiento autónomo	44
Tabla 5.	Sugerencia de presupuesto para el modelo definido	49

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
----------------	--------------------

%	Porcentaje
---	------------

GLOSARIO

Aceite comestible	Aceite de origen vegetal que suele permanecer en estado líquido a temperatura ambiente, puede ser consumido por personas y se usa en cocina.
Eficiencia	Se trata de la capacidad de alcanzar un objetivo fijado con anterioridad en el menor tiempo posible y con el mínimo uso posible de los recursos.
Gestión	Conjunto de acciones u operaciones relacionadas con la administración y dirección de una organización.
Indicadores	Son puntos de referencia, que brindan información cualitativa o cuantitativa, conformada por uno o varios datos, constituidos por percepciones, números, hechos, opiniones o medidas, que permiten seguir el desenvolvimiento de un proceso y su evaluación, y que deben guardar relación con el mismo.
Mantenimiento preventivo	Tipo de mantenimiento destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisión y limpieza que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad.

Orden de trabajo (OT)	Documento que contiene todas las instrucciones de un servicio a realizar, especificando pasos, insumos, presupuestos, responsables y plazos de ejecución.
Tiempo improductivo	Tiempo durante el cual, la maquinaria o equipo se encuentra inactivo, es decir, sin realizar su función productiva, debido a varios factores incluyendo las fallas de cualquier índole en el mismo.
TPM (<i>total productive maintenance</i>)	Es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal definir un modelo de gestión de mantenimiento preventivo basado en la metodología de mantenimiento productivo total, en las líneas de envasado de aceite para el aumento de la eficiencia de producción.

La metodología empleada posee un enfoque mixto al analizar variables cualitativas y cuantitativas, un diseño no experimental y con un alcance descriptivo.

A través de la investigación, se reveló que la gestión de mantenimiento para los equipos de las líneas de envasado de aceite es deficiente e impacta negativamente en la eficiencia de producción al no alcanzar la meta del 90 %. Los resultados mensuales de la organización durante el tiempo que duró la investigación presentan una relación inversamente proporcional entre la eficiencia y el tiempo improductivo atribuible a fallas y ajustes en los equipos.

La propuesta de solución permitirá a la organización múltiples beneficios como el aumento en la eficiencia de producción alcanzando así la meta como indicador clave de desempeño, el cumplimiento del programa de producción y otros elementos que aportan como ventaja competitiva. La organización cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta.

Se sugiere a la Gerencia de envasado y Superintendencia de planta implementar la propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo basado en la metodología TPM (mantenimiento productivo total).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

La deficiente gestión de mantenimiento preventivo para las líneas de envasado de aceite impacta negativamente en la eficiencia de producción, en el incumplimiento del programa de producción y atrasos en las entregas para el abastecimiento de producto terminado en bodegas regionales.

- Descripción del problema

El aceite vegetal constituye un elemento importante en la preparación y consumo de alimentos, es por ello su alta demanda y alta cantidad de oferentes que existen en los distintos canales de mercado.

La producción de envasado de aceite de una planta aceitera ubicada en el departamento de Escuintla, Guatemala, constituye un porcentaje elevado del aceite comercializado en el mercado guatemalteco, que con una trayectoria de más de 90 años se ha posicionado como uno de los favoritos dentro del territorio nacional.

En los últimos años, el aceite de dicha planta de producción ha superado fronteras e incursionado en mercados extranjeros tales como el centroamericano, el caribe y Norteamérica, en donde la aceptación ha sido notable y, por ende, la necesidad de producir aceite envasado en mayor cantidad se ha incrementado. Debido a la alta competencia en el mercado, tanto nacional como extranjero, la disponibilidad y presencia de producto en todos los canales de venta es necesaria para permanecer competitivos. El incumplimiento a la demanda en alguna de las

presentaciones podría significar pérdidas significativas de clientes o de sectores de mercado.

Dada las circunstancias y exigencias del mercado, la funcionalidad y disponibilidad de las líneas de envasado de aceite es altamente requerida para el abastecimiento de la demanda. Es por ello que la eficiencia de producción debe alcanzar la meta esperada para el cumplimiento en tiempo y completo del programa de producción. Condición que no se logra ver apreciada ya que la eficiencia no alcanza el desempeño requerido por las múltiples fallas eléctricas y mecánicas constantes de los equipos debido a una gestión deficiente de mantenimiento preventivo.

- Pregunta central

¿Cuál es el modelo más conveniente de gestión de mantenimiento preventivo en las líneas de envasado de aceite para el aumento de la eficiencia de producción?

- Preguntas auxiliares

- ¿De qué manera la eficiencia de producción ha sido impactada por la gestión de mantenimiento?
- ¿Cómo una eficiente gestión de mantenimiento preventivo disminuirá las fallas en equipos y los paros en producción que afectan la eficiencia?
- ¿Qué indicadores se pueden establecer con un modelo de gestión de mantenimiento preventivo?

OBJETIVOS

General

Definir un modelo de gestión de mantenimiento preventivo basado en la metodología de mantenimiento productivo total, en las líneas de envasado de aceite para el aumento de la eficiencia de producción.

Específicos

1. Describir el impacto que tiene la gestión de mantenimiento preventivo en la eficiencia de producción.
2. Definir una eficiente gestión de mantenimiento preventivo para la disminución de fallas en equipos y paros en producción que afectan la eficiencia.
3. Establecer los indicadores para la evaluación de desempeño de un modelo gestión de mantenimiento preventivo.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El enfoque empleado es mixto ya que se compone de análisis en variables cuantitativas y cualitativas. Las variables cuantitativas comprenden de los registros históricos de tiempos de fallas y eficiencia de producción, mientras que las cualitativas describen las fallas más recurrentes en los equipos de producción, ocasionando tiempos improductivos.

El diseño adoptado para la investigación es no experimental, puesto que no se manipula el proceso. Mientras se desarrolla la misma se realiza un análisis retrospectivo de los datos y se contempla tendencias de forma prospectiva en los elementos que impactan directamente la eficiencia de la producción del envasado de aceite. El alcance es descriptivo, ya que se busca identificar la condición de la producción, su eficiencia, tiempos improductivos, fallas más comunes y los tipos de mantenimientos que se realizan a las máquinas de producción.

La población total de esta investigación comprendió de 50 colaboradores que laboran o que tienen relación directa con el departamento de envasado de aceite. Debido a que el cálculo de la muestra no representa una diferencia significativa, la investigación se centra en la población total.

- Variables e Indicadores

Las variables que se utilizaron para el análisis de esta investigación fueron:

Tabla 1.*Operacionalización de variables*

Nombre de la variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica de recolección
Diagnóstico de la gestión de mantenimiento en el salón de envasado de aceite	Conceptual y operacional, cuantitativo continuo e independiente.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos improductivos en equipos por aspectos referentes a mantenimiento (equipos con fallas recurrentes y cobertura de personal de mantenimiento) • Eficiencia de producción: (kg procesados) / (hrs programadas * capacidad teórica) 	Observación: Tiempos improductivos Reporte de Eficiencia
Definición de una eficiente gestión de mantenimiento preventivo	Conceptual y operacional, cualitativo y preventivo dependiente.	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de mantenimiento preventivo, autónomo y personal técnico. 	Observación: Programas de mantenimiento
Evaluación del desempeño del modelo de gestión de mantenimiento preventivo	Conceptual y operacional, cuantitativo continuo y dependiente.	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de equipos: (tiempo total para operar - tiempo de paradas por manto) / (tiempo total para operar) *100 % • Confiabilidad de equipos: (total hrs periodo evaluado - total hrs paros no planeados) / (total hrs periodo evaluado) * 100 % 	Observación: Registros de producción Tiempos improductivos

Nota. Variables de la investigación. Elaboración propia, realizado con Word.

INTRODUCCIÓN

El informe de la presente investigación detalla un marco amplio de la importancia de la sistematización de una gestión de mantenimiento como pilar organizacional para el aumento de la eficiencia en la producción.

El problema identificado consiste en una deficiente gestión de mantenimiento para los equipos de las líneas de producción en el envasado de aceite, condición que impacta en no alcanzar la meta del 90 % en la eficiencia de producción por los múltiples paros por fallas y ajustes que se presentan durante la misma.

La importancia de esta investigación radica en la definición de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo que permita un porcentaje elevado de disponibilidad y confiabilidad de equipos para reducir el tiempo de paro de los mismos por fallas o ajustes, impactando positivamente en la eficiencia de producción, a través de actividades planificadas tomando como base los pilares de la metodología de mantenimiento productivo total (TPM), alcanzando así el beneficio del cumplimiento del programa de producción en tiempo y con las cantidades requeridas para abastecimiento a las bodegas regionales de la organización según la demanda.

La propuesta realizada para dar solución a la problemática surge de la observación en sitio que se realizó en el proceso junto al personal operativo, recopilando información y datos a través de entrevistas y experiencias para identificación del diagnóstico de la gestión de mantenimiento y su impacto. A ello se le suma la confirmación de lo observado, vista a través de los resultados

mensuales de la organización en los tiempos improductivos e indicadores clave de desempeño. La investigación fue factible ya que se contó con los recursos y datos necesarios.

Esta investigación se encuentra comprendida por cuatro capítulos. El capítulo uno lo conforma el marco teórico en donde se detallan los conceptos generales del mantenimiento, sus antecedentes históricos, tipos y la gestión en el ámbito organizacional. Asimismo, se define la eficiencia, tipos de eficiencia y la metodología de mantenimiento productivo total (TPM), indicando su importancia, pilares y los pasos necesarios para una correcta implementación.

En el capítulo dos se encuentra detallado el desarrollo de la investigación tomando como punto de partida la identificación de la problemática y la descripción de las fases que comprendió dicha investigación.

En el capítulo tres se describen los resultados obtenidos a través de la investigación. Dichos resultados son conforme a los objetivos previamente definidos de los cuales se pueden concluir que fueron cubiertos satisfactoriamente.

En el capítulo cuatro se presenta la discusión de los resultados obtenidos desde la perspectivas internas y externas, brindando una visión clara, analítica e integrada de la investigación.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

1. MARCO TEÓRICO

A continuación, se recopila información de los temas que aportan base teórica a la presente investigación.

1.1. Mantenimiento

El concepto de mantenimiento, tal y como se le conoce hoy en día, es resultado de la evolución que va en función al desarrollo de la industria. En los siguientes párrafos se profundiza sobre dicho tema.

1.1.1. Definiciones

La Norma Venezolana Convenio 3049-93 (1993), define mantenimiento como “conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado” (p. 1).

Por su parte Martinez (2007), lo define como “actividad dirigida a conservar los equipos e instalaciones en condiciones óptimas de funcionamiento, durante un periodo predeterminado y al menor costo, contribuyendo así a lograr los objetivos de la organización y brindando satisfacción a las expectativas de las partes interesadas” (p. 8).

Sin embargo, el mantenimiento puede referirse también de una forma más general considerando que este podría ser un departamento dentro de una organización y no solo una parte importante dentro de un proceso, Pérez (2021)

menciona que el mantenimiento es “una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial están en las condiciones requeridas de funcionamiento” (p. 21).

Con las definiciones anteriormente mencionadas, se puede deducir que el mantenimiento se observa como una serie de acciones o actividades que en conjunto logran mantener un equipo, maquinaria o instalación en condiciones adecuadas para que se desarrolle una producción de un bien o servicio de manera requerida, con la finalidad de satisfacer las necesidades de las partes interesadas. Dichas actividades dependerán del tipo de mantenimiento que se deba realizar y del modelo adquirido para una correcta gestión buscando en común la mayor eficiencia, calidad y seguridad posibles.

Toda organización busca por medio del mantenimiento el objetivo de una alta disponibilidad en los equipos, seguridad en la disminución de riesgos y un esquema económico para minimizar costos y maximizar beneficios, tal y como se puede visualizar en la figura 1.

Figura 1.

Mantenimiento industrial: objetivos



Nota. La figura muestra los objetivos del mantenimiento industrial. Obtenido de L. Martinez (2007). *Organización y planificación de sistemas de mantenimiento.* (p. 8.) Instituto Superior de Investigación y Desarrollo.

El concepto de mantenimiento ha sufrido una serie de cambios y evoluciones a través del tiempo y las distintas filosofías y evoluciones en la industria para llegar a como lo conocemos hoy en día.

1.1.2. Evolución histórica del mantenimiento

Desde los inicios de la humanidad, el hombre ha tenido la necesidad de emplear actividades de mantenimiento para la subsistencia en la vida cotidiana. Actividades que iban desde la mejora de herramientas ya sea para la recolección de alimentos, la caza o la pesca.

En un ámbito industrial, el mantenimiento toma auge en conjunto con la revolución industrial en el año 1760 en donde su principal intervención en la

operación era reparar lo que falla. A partir de ese momento el mantenimiento ha evolucionado según las necesidades de las industrias y la aparición de las nuevas tecnologías y metodologías para una correcta gestión.

El autor Moubray (2004) clasifica la evolución del mantenimiento en 3 generaciones, en donde la primera generación consistió en reparar lo que tenía algún tipo de fallo como se mencionó anteriormente. En esta etapa, el concepto de mantenimiento no tenía mayor relevancia ya que la industria no poseía una gran variedad de máquinas, los equipos no eran complejos y el tiempo de paro no era importante. El mantenimiento se podría simplificar a simples actividades de limpieza y lubricación.

La segunda generación del mantenimiento se dio con la llegada de la segunda guerra mundial ya que se aumentó la demanda de algunos artículos y no existía la suficiente cantidad de mano de obra. Moubray (2004) menciona “al incrementarse esta dependencia, comenzó a concentrarse la atención en el tiempo de parada de la máquina. Esto llevó a la idea de que las fallas en los equipos podían y debían ser prevenidas, dando lugar al concepto de mantenimiento preventivo” (p. 2).

En la tercera generación, el concepto de mantenimiento se vuelve más robusto y necesario para todas las compañías. Moubray (2004) clasifica los cambios en esta evolución como: nuevas técnicas, nuevas expectativas y nuevas investigaciones.

Las nuevas técnicas y expectativas del mantenimiento han hecho que este concepto vaya madurando en conjunto con la industria. En la actualidad la gestión del mantenimiento hace uso de múltiples técnicas y herramientas tanto

operativas como administrativas que en conjunto fortalecen aún más la eficacia y eficiencia del mismo.

1.1.3. Tipos de mantenimiento

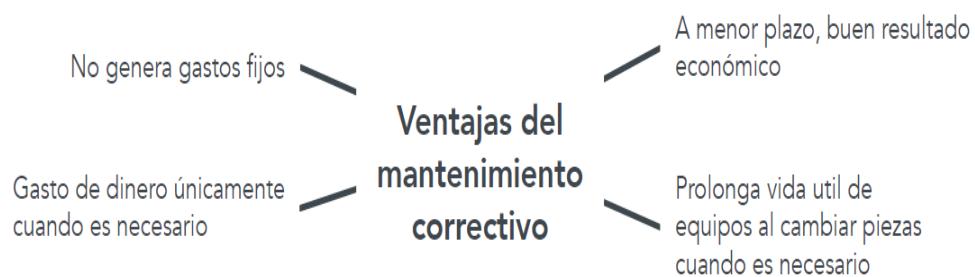
Se pueden identificar 4 tipos de mantenimiento que son los más comunes y utilizados a nivel industrial, estos son: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo y mantenimiento modificativo.

1.1.3.1. Mantenimiento correctivo

Denominado también como reactivo, este tipo de mantenimiento consiste en reparar las fallas que se presentan sin considerar la causa. A pesar de ello, este tipo de mantenimiento también puede ser empleado por la organización como estrategia al tener equipos o maquinaria que no requieran de otro tipo o porque es más factible económico. Pérez (2021) resalta algunas ventajas de este tipo de mantenimiento:

Figura 2.

Mantenimiento correctivo: ventajas



Nota. Ventajas que posee el mantenimiento correctivo. Elaboración propia, realizado con MindMeister.

Figura 3.

Mantenimiento correctivo: desventajas



Nota. Desventajas que posee el mantenimiento correctivo. Elaboración propia, realizado con MindMeister.

1.1.3.2. Mantenimiento preventivo

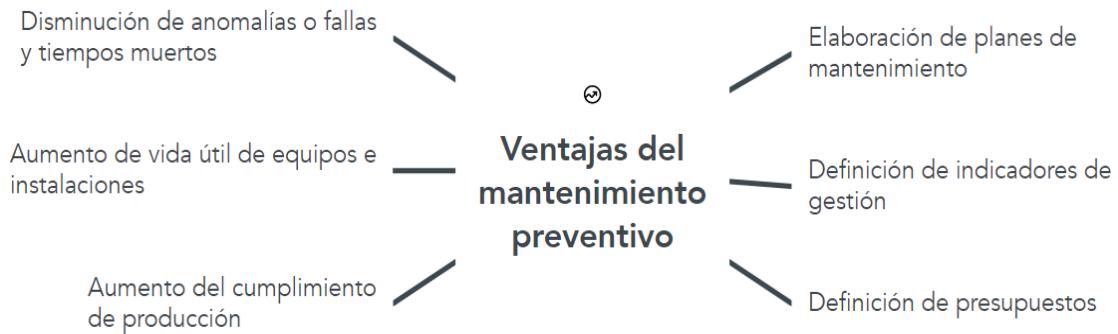
Rivas (2006) menciona que el mantenimiento preventivo tiene “la finalidad de evitar que los activos productivos fallaran produciendo consecuencias graves a las operaciones, su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos” (p. 48).

Este tipo de mantenimiento se basa principalmente en la planificación de actividades relacionadas a tener en condiciones adecuadas la maquinaria, el equipo y las instalaciones, antes de la aparición de cualquier tipo de falla que incurra en un paro de operaciones imprevisto. Pérez (2021) define la disponibilidad, la confiabilidad y el incremento de ambos elementos como objetivos del mantenimiento preventivo. Rivas (2006) establece que el mantenimiento preventivo se sustenta con procedimientos o instructivos técnicos,

listados de trabajo periódico, control de frecuencias, registros, repuestos y costos.

Figura 4.

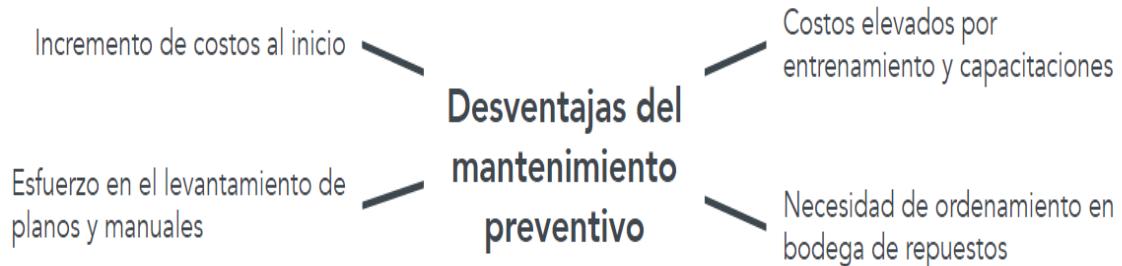
Mantenimiento preventivo: ventajas



Nota. Ventajas que posee el mantenimiento preventivo. Elaboración propia, realizado con MindMeister.

Figura 5.

Mantenimiento preventivo: desventajas



Nota. Desventajas que posee el mantenimiento preventivo. Elaboración propia, realizado con MindMeister.

1.1.3.3. Mantenimiento predictivo

Pérez (2021) define este tipo de mantenimiento “donde se asocia la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de una máquina. En el mantenimiento predictivo se tiene en cuenta la medición, el seguimiento y el monitoreo de parámetros y las circunstancias de operación” (p. 48).

En el mantenimiento predictivo se enfocan los esfuerzos en identificar o predecir cualquier tipo de falla que se pueda presentar a futuro, a través de la utilización de técnicas o instrumentos para realizar la predicción.

La salida del análisis de predicción da como resultado un mantenimiento programado que no necesariamente es un mantenimiento preventivo y mucho menos un correctivo. Este tipo de mantenimiento también es utilizado como estrategia para el levantamiento de un programa o plan de mantenimiento de equipos.

1.1.3.4. Mantenimiento modificativo

Rivas (2006) define que “consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación, con la finalidad de incrementar su capacidad, su rendimiento, disminución del consumo energético e incluso su integridad” (p. 50).

El mantenimiento modificativo es necesario cuando existen múltiples ocurrencias de falla en una sección de un equipo, siendo la mejor opción realizar una mejora que elimine la causa raíz del problema.

Otro tipo de mantenimiento que se presenta en la industria y que contiene una gran relevancia en la continuidad de las operaciones es el mantenimiento autónomo.

1.1.3.5. Mantenimiento autónomo

Fernández (2018) menciona que este tipo de mantenimiento “se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo, esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, entre otros” (p. 25).

El autor también menciona que “con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento en una primera etapa” (Fernández, 2018, p. 25).

Este tipo de mantenimiento ha tomado una relevancia importante en la gestión de mantenimientos ya que consiste en empoderar al operario de la máquina que utiliza sobre las actividades básicas de mantenimiento. Esta estrategia permite reducir tiempos de paros en operación, y agilizar actividades que normalmente son realizadas por algún experto.

1.1.4. Gestión de mantenimiento

Dada la evolución del mantenimiento vista anteriormente y siendo notable que el concepto se ha extendido a otros elementos que lo complementan, es necesario manejar el mantenimiento de una organización a través de una gestión sistemática.

Zambrano y Leal (2006) definen la gestión de mantenimiento como “un proceso sistemático donde a través de una serie de medidas organizativas se pueden planear las acciones de las actividades de mantenimiento por medio de procedimientos que lleven un orden o secuencia lógica de esta función” (p. 15).

Zambrano y Leal (2006) identifican los siguientes elementos como las fases de la gestión:

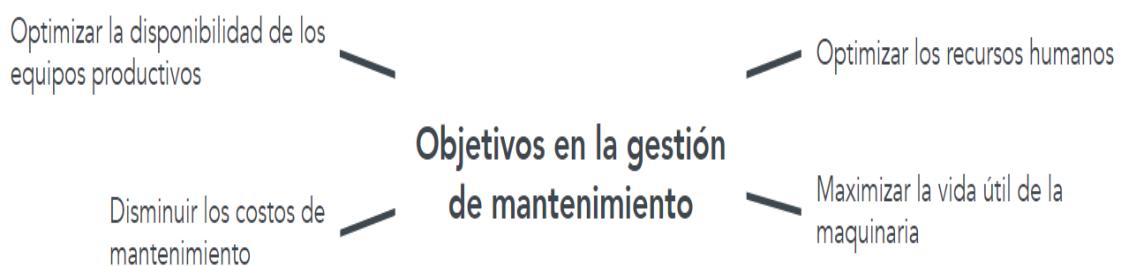
- Planificación: en el contexto de mantenimiento, la planificación está enfocada en identificar los recursos necesarios para los mantenimientos.
- Programación: consiste en ubicar un espacio dentro de la operación para las actividades de mantenimiento considerando los recursos identificados en la planificación.
- Seguimiento: esta etapa es constante durante toda la gestión de mantenimiento para recolectar información que podría afectar la programación.
- Ejecución: consiste en ejecutar el mantenimiento. En ese momento ya se espera poseer los recursos para la continuidad del proceso.
- Control: al igual que la etapa de seguimiento, el control conforma una verificación constante de los resultados que se van obteniendo y se van comparando con las metas que se establecieron en lo planificado y programado. En esta etapa es necesario la implementación de registros para historial.

- Evaluación: con los registros y la ejecución de la operación, se procede a evaluar los resultados, determinando si fue eficaz y eficiente, consolidando información para futuras actividades. (pp. 15-16)

Los objetivos de dicha gestión son:

Figura 6.

Gestión de mantenimiento: objetivos



Nota. Objetivos principales que tiene la gestión de mantenimiento. Elaboración propia, realizado con MindMeister.

En la actualidad hay varios modelos de gestión para los mantenimientos que las organizaciones pueden adoptar según sus necesidades y recursos disponibles.

Navarro, Pastor y Mugaburu (1997) (como se cita en Mora, 2005) dividen dicha gestión en dos direcciones, sobre la primera dirección “define las pautas que se siguen en las buenas relaciones que debe tener mantenimiento para poder operar dentro de un marco integral de la empresa, con el fin de buscar mejores niveles de colaboración y de trabajo en equipo” (p. 38).

Los autores, citados por Mora (2005) definen sobre la segunda dirección “bloque de gestión integral interna depende exclusivamente de cómo disponga sus recursos productivos para generar un buen servicio de mantenimiento al menor costo posible y con la mayor calidad al lograr excelentes niveles de satisfacción al cliente” (p. 38).

La implementación de una gestión para el mantenimiento es un proceso gradual con amplia y necesaria participación de la alta dirección. Para la evaluación de dicha gestión es necesario la definición de indicadores de desempeño.

1.1.4.1. Indicadores en la gestión del mantenimiento

Los indicadores a utilizar para la gestión dependen de lo que se quiera evaluar. El objetivo general es brindar una información clara, certera y confiable sobre el desempeño de un proceso.

Pérez (2021) comenta sobre los indicadores de gestión “permiten identificar las oportunidades de mejoramiento y desviaciones respecto a las metas propuestas mediante la interpretación de los resultados, al igual que los aspectos positivos que deberá mantener dentro de los valores ideales” (p. 96).

Algunos de los indicadores más comunes en la gestión de mantenimiento son los siguientes:

- Indicador de mantenimiento planeado

$$\text{Mantenimiento planeado} = \frac{\sum \text{OTs planeadas}}{\sum \text{OTs pendientes por programar}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 1})$$

- Indicador de órdenes de trabajo atrasadas

$$\text{Atrasos OTs} = \frac{\sum \text{OTs atrasadas}}{\sum \text{OTs abiertas}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 2})$$

- Indicador de relación de órdenes trabajo correctivas en el ciclo vs programadas

$$\text{OTs correctivas vs} \frac{\sum \text{OTs correctivas en ciclo}}{\sum \text{OTs ejecutadas en el ciclo}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 3})$$

- Indicador de cumplimiento de OTs programadas

$$\text{Cumplimiento de OTs} \frac{\sum \text{OTs programadas cerradas en ciclo}}{\sum \text{OTs programadas en el ciclo}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 4})$$

- Indicador de cumplimiento de horas hombre programadas

$$\text{Cumplimiento de HH} \frac{\sum \text{HH programadas cerradas en ciclo}}{\sum \text{HH programadas en el ciclo}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 5})$$

- Indicador de disponibilidad de equipos

$$\text{Disponibilidad de} \frac{\text{Tiempo total para operar} - \text{tiempo total paradas por manto}}{\text{Tiempo total para operar}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 6})$$

- Indicador de confiabilidad de equipos

$$\text{Confiabilidad de} \frac{\text{Total, horas periodo evaluado} - \text{total horas paros no plan}}{\text{Total, horas periodo evaluado}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 7})$$

- Indicador de cumplimiento del presupuesto de mantenimiento

$$\text{Cumplimiento del presupuesto} = \frac{\text{Gasto total}}{\text{Gasto presupuestado}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 8})$$

1.2. Mantenimiento productivo total (TPM)

Una de las metodologías más conocidas que las industrias aspiran adoptar en sus operaciones es el TPM debido a la gran cantidad de beneficios y el ofrecimiento como ventaja competitiva.

1.2.1. Definiciones

El mantenimiento productivo total es un método sistemático para gestionar las actividades de mantenimiento considerando los recursos disponibles para su ejecución aplicando diversas herramientas de mejora continua. Esta metodología tiene como base los conceptos del mantenimiento preventivo.

Fernández (2018) define el TPM como “un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección” (p. 21).

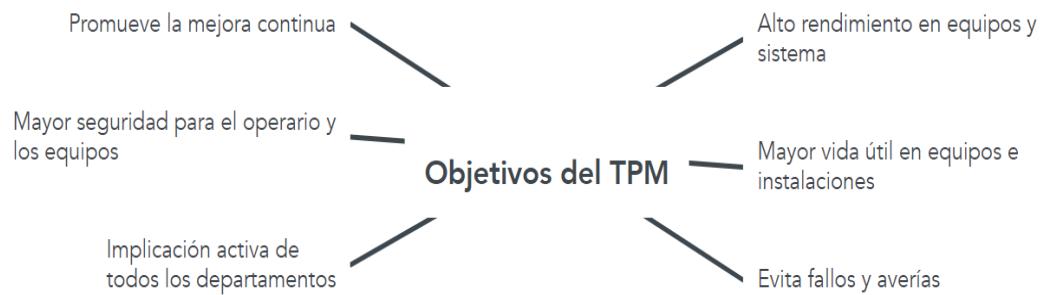
La definición de Fernández (2018) da un claro panorama del alcance global que conlleva el TPM, obteniendo un impacto directo en el sistema productivo. Este concepto se encuentra alejado del mantenimiento tradicional y rudimentario en donde existen responsables de la producción y por otro lado responsables del mantenimiento. Nakajima (1991) comenta sobre el objetivo del TPM “es el cero averías y el cero defectos. Cuando se eliminan las averías y defectos, las tasas de operación del equipo mejoran, los costes se reducen, el

stock puede minimizarse y, como consecuencia, la productividad del personal aumenta” (p. 2).

Además del objetivo principal que persigue el TPM, Fernández lista los siguientes objetivos significativos:

Figura 7.

TPM: objetivos significativos

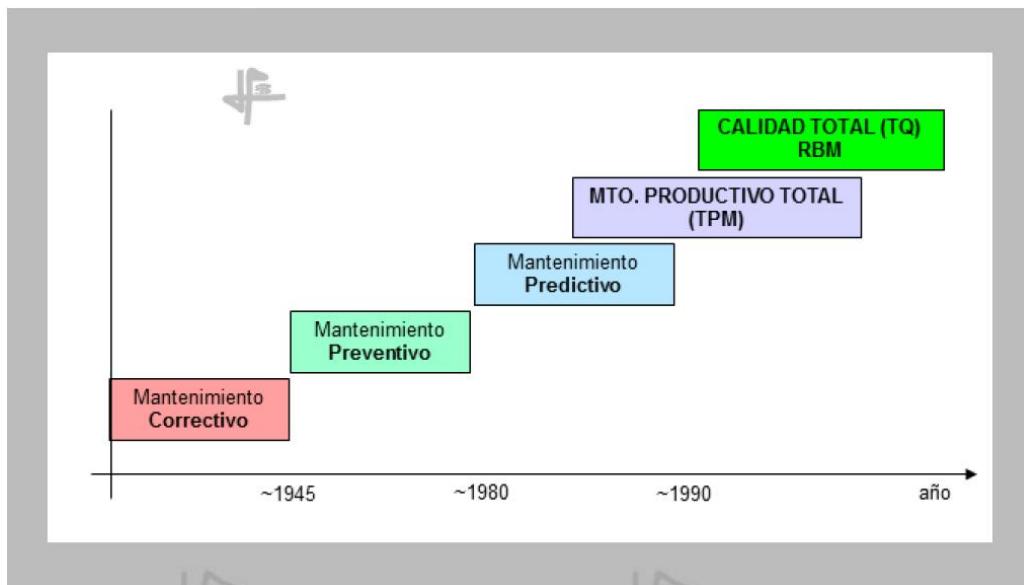


Nota. Objetivos del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Elaboración propia, realizado con MindMeister.

La metodología ha sufrido una serie de evoluciones que engloban los distintos conceptos del mantenimiento en el tiempo.

Figura 8.

Tipos de mantenimiento: orden cronológico



Nota. Orden cronológico de los tipos de mantenimiento. Elaboración propia, realizado con MindMeister.

1.2.2. Ventajas del TPM

Las industrias que poseen implementado correctamente el TPM, pueden gozar de ventajas como las siguientes, sin ser limitantes:

- Un ambiente de trabajo de mejor calidad
- Motivación, colaboración y participación de los colaboradores
- Alta capacidad de identificación de causa raíz de problemas
- Pensamiento de riesgo y prevención
- Alta disponibilidad de equipos
- Reducción de costos en mantenimiento
- Reducción en reproceso

- Control mejorado en operaciones

1.2.3. Pilares del TPM

La metodología tiene como base la aplicación de 5S's, que soportan los ocho pilares del TPM.

1.2.3.1. 5S's

Las 5S's es una técnica de gestión para una correcta ejecución de actividades laborales en un ambiente adecuado para su desarrollo.

- Primera S. Seiri (selección): consiste en la separación de materiales necesarios e innecesarios.
- Segunda S. Seiton (orden): trata de ocupar las cosas en su lugar. Todos los materiales deben tener definido un lugar para su almacenamiento.
- Tercera S. Seiso (limpieza): se enfoca en eliminar suciedad e identificar la fuente de esta para eliminarla.
- Cuarta S. Seiketsu (estandarización): se basa en definir una metodología para el mantenimiento de la técnica en todos los lugares de trabajo. La utilización de normativos o recordatorios visuales son de ayuda en esta S.
- Quinta S. Shitsuke (disciplina): consiste en el compromiso del personal para que las primeras 4S's sean aplicadas.

1.2.3.2. 8 pilares del TPM

- **Pilar 1. Mejora enfocada o Kaizen**

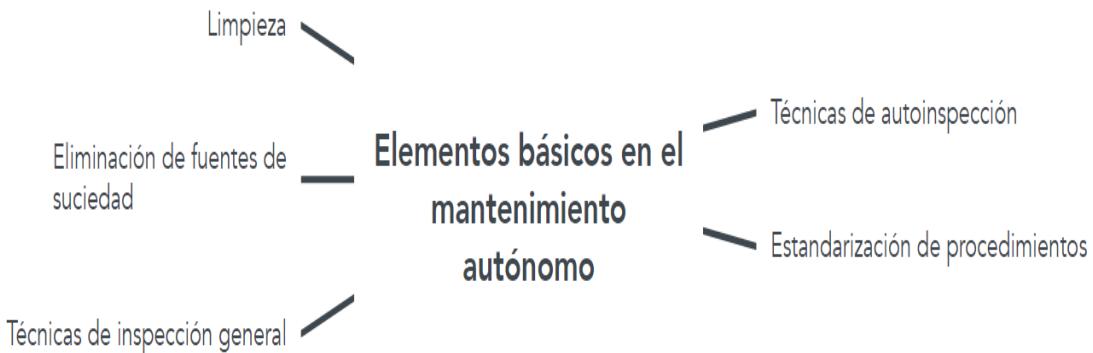
Este pilar se enfoca en la mejora continua de los procesos con la intervención de todos los involucrados. Tiene como base el modelo de mejora continua de Deming, el ciclo PHVA (planear-hacer-verificar-actuar), con la finalidad de eliminar los efectos no deseados en el proceso. Fernández (2018) menciona que el sistema TPM se enfoca en 6 tipos de pérdidas a reducir o eliminar de los procesos productivos, los cuales son: fallos en los equipos, ajustes no programados, ocio, reducción de velocidad, defectos del proceso, pérdidas en los arranques.

- **Pilar 2. Mantenimiento autónomo**

Este pilar posee una gran importancia dentro de la metodología, ya que consiste en la participación y compromiso del personal que se encuentra en primera fila, es decir, el operario de maquinaria. Este tipo de mantenimiento se fundamenta en los conocimientos que posee el personal operativo sobre las condiciones de trabajo y sobre la maquinaria que opera. Fernández (2018) describe los elementos básicos que el operador debe aplicar en este pilar:

Figura 9.

Elementos básicos del mantenimiento autónomo



Nota. Elementos básicos que integran el mantenimiento autónomo. Elaboración propia, realizado con MindMeister.

- **Pilar 3. Mantenimiento programado**

Consiste en la aplicación sistemática de actividades de mantenimiento previamente evaluadas y asignadas a una máquina con la finalidad de mantener óptimas condiciones de operación. Fernández (2018) identifica algunas de las medidas para el mantenimiento programado: confirmación de planes de mantenimiento, control de repuestos, confirmación de planes de lubricación, capacidad de diagnóstico y prevención de averías.

- **Pilar 4. Mantenimiento de calidad**

Al mantener la maquinaria y los equipos en óptimas condiciones, la calidad del producto fabricado es beneficiada y la confiabilidad del proceso aumenta. Este pilar se basa en mantener la calidad del producto dentro de especificaciones

requeridas, ya que una falla puede no detener la producción, pero sí implicar una desviación en calidad.

- Pilar 5. Prevención del mantenimiento

Fernández (2018) redacta sobre este pilar “se centra en las actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria” (p. 27).

Se puede decir que este pilar está basado en una evaluación del riesgo y oportunidades de mejora, que, a partir de experiencia o registros históricos, el diseño o construcción de un nuevo equipo o maquinaria contempla las fallas que otras similares han presentado.

- Pilar 6. Mantenimiento de áreas de soporte

Al igual que el mantenimiento autónomo, el pilar de mantenimiento de áreas de soporte juega un rol importante en la metodología, ya que, sin el involucramiento y compromiso de las partes interesadas, no se lograría tener una base para la implementación.

- Pilar 7. Polivalencia y desarrollo de actividades

Este pilar se enfoca en las habilidades que debe poseer el personal operario de equipos. Conocimiento que es adquirido por medio de la experiencia del trabajo y que debe ser transmitido hacia los demás.

- Pilar 8. Seguridad y entorno

Por último, el pilar de la seguridad y entorno del proceso busca un lugar seguro para realizar las actividades con el objetivo de cero accidentes y cero contaminaciones. La contaminación puede producirse por medio de condiciones inadecuadas de los equipos. En la figura 4 se representa gráficamente los pilares del TPM.

Figura 10.

Pilares del TPM



Nota. La figura muestra los pilares que sostienen el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Adaptado de E. Fernández (2018). Gestión de mantenimiento: *lean maintenance* y *TPM*. (<https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=847F8584AD4D3BCF665B799F76B8F9E1?sequence=1>), consultado el 01 de agosto de 2021. De dominio público.

1.2.4. Etapas para el desarrollo del TPM

Existen doce etapas guía para la implementación correcta y ordenada de la metodología TPM. Estas etapas son divididas en tres fases principales que son: preparación, ejecución y estabilización. Existen tres fases principales que Nakajima (1991) menciona “en la fase de preparación se crea un entorno apropiado estableciendo un plan para la introducción del TPM. La fase de ejecución es comparable a la fase de producción de un producto” (p. 56).

Nakajima (1991) continúa diciendo que “durante el periodo final de estabilización, una compañía debe medir los resultados actuales logrados frente a las metas TPM, y fijar entonces metas más ambiciosas” (p. 58). En la tabla 2, se detallan las etapas que Mora (2005) describe para la aplicación de TPM.

Tabla 2.*Etapas para desarrollar el TPM*

Fases	Etapas
Preparación	Etapa 1. Declaración de introducción de TPM La alta dirección de la compañía proclama su decisión de iniciar el proceso de aplicación del TPM.
	Etapa 2. Campaña de educación en TPM Se le da entrenamiento al personal de apoyo logístico y se hacen acciones de divulgación para todos los empleados.
	Etapa 3. Formación de comités y equipos TPM Se forman comités de promoción de TPM y se establecen los vínculos con otros departamentos de la compañía.
	Etapa 4. Fijación de principios y metas Se hacen comparaciones con otras empresas respecto a las metas y se muestran los logros que se deben alcanzar al final.
	Etapa 5. Preparación de un plan maestro El plan contempla la preparación, la evaluación de metas intermedias y la evaluación de objetivos a lograr al final de la implantación de cada pilar.
Ejecución	Etapa 6. Inauguración de TPM Ceremonia donde participan todos los miembros de la compañía, proveedores, filiales y otros. La dirección de la compañía declara formalmente el inicio de la implementación.
	Etapa 7. Establecer un sistema de alto desempeño enfocado a la producción Se inicia la realización de los cuatro pilares básicos: 1. Aumentar La Eficiencia En Los Procesos Y Equipos 2. Mantenimiento Autónomo 3. Mantenimiento Programado 4. Capacitación en la operación y mantenimiento de equipos
	Etapa 8. Establecer un sistema de administración para la incorporación de nuevos equipos, productos o elementos al sistema TPM
	Etapa 9. Establecer un sistema de aseguramiento de la calidad
Estabilización	Etapa 10. Establecer un proceso para mejorar la eficiencia en las áreas de la administración y supervisión
	Etapa 11. Establecer un sistema de la seguridad e higiene (ISO 18000) y del medio ambiente (ISO 14000)
	Etapa 12. Implementación completa de TPM en el logro de las metas propuestas, búsqueda del premio TPM y replantear nuevos objetivos - monitoreo total del plan y aplicación del TPM

Nota. Detalle de las etapas para desarrollar efectivamente el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Obtenido de A. Mora (2005). *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios.* (p. 442.) Editorial AMG.

1.3. Eficiencia

Factor importante para las organizaciones en el cumplimiento de las metas optimizando recursos es la eficiencia, utilizada también como estrategia en la ventaja competitiva, logrando así disminución de costos.

1.3.1. Definiciones

Toda organización busca alcanzar eficiencia en sus procesos. Robbins y Coulter (2005) mencionan que “la eficiencia consiste en obtener los mayores resultados con la mínima inversión” (p. 7).

Chiavenato (2006) define a la eficiencia “mediante la ecuación $E=P/R$, donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados. La organización racional del trabajo busca la mejor manera, es decir, los métodos de trabajo para establecer los estándares de desempeño en las tareas” (p. 52).

La eficiencia es entonces el cumplimiento de lo propuesto utilizando la menor cantidad de recursos. Es necesario poder diferenciar el concepto de eficiencia con eficacia. Mientras la eficiencia busca la optimización, la eficacia consiste en el cumplimiento de las metas.

La eficiencia es utilizada como un indicador de desempeño de un proceso productivo. Rodriguez y Gomez (1991) mencionan dos acepciones sobre la eficiencia “la primera, como relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de recursos que se había estimado o programado utilizar; la segunda, como grado en el que se aprovechan los recursos utilizados transformándolos en productos” (p. 33).

La eficiencia puede utilizarse en los ámbitos administrativos, económicos, mercadotecnia, entre otros.

1.3.2. Tipos de eficiencia

Wolters Kluwer (s.f.) en su artículo sobre eficiencia menciona que entre los tipos de eficiencia se encuentran: la eficiencia técnica, eficiencia X y eficiencia asignativa o precio.

Sobre la eficiencia técnica, Wolters Kluwer (s.f.) redacta que se logra este tipo de eficiencia cuando se emplea el mínimo de factores productivos, que se combinan en una proporción concreta (se utiliza una tecnología determinada), para obtener un nivel dado de producción o servicio.

Wolters Kluwer (s.f.) menciona sobre la eficiencia X que al igual que la eficiencia técnica se consumen los menores recursos posibles, sin embargo, aquí entra en juego el papel del personal y no el uso de la tecnología.

Wolters Kluwer (s.f.) menciona: “en efecto, los individuos pueden limitar su esfuerzo y maximizar su utilidad consumiendo más recursos de los necesarios para un output determinado” (párr. 5). Este concepto se evalúa más desde un punto de vista contrario a la eficiencia, es decir, la ineficiencia.

Por último, la eficiencia asignativa o precio, Woters Kluwer (s.f.) define que “este concepto, introducido por primera vez por Farrell, implica alcanzar el coste mínimo de producir un nivel dado de producción o servicio cuando se modifican las proporciones de los factores consumidos, de acuerdo con sus precios y productividades marginales” (párr. 6).

1.3.3. Eficiencia en producción

En el ámbito productivo, la eficiencia constituye un elemento de evaluación común e importante y para las plantas productivas es un elemento de entrada para la toma de decisiones.

Carro y González (2012) redactan sobre este tema “el proceso es muy eficiente si tiene una productividad muy elevada: grandes resultados (*outputs*) por unidad de consumo (*inputs*). Pero también puede decirse que el proceso es muy eficiente porque produce una calidad altísima y, en consecuencia, hay pocos desperdicios” (p. 8).

Adicional Carro y González (2012) definen que “asimismo, es posible que el proceso sea muy eficiente porque produce a costos muy bajos. También sería correcto afirmar que el proceso es muy eficiente porque tiene un ciclo de respuesta muy corto” (p. 8).

De las múltiples formas para evaluar la eficiencia, se presenta una de las más comunes en el ámbito productivo.

$$\text{Eficiencia en Producción} = \frac{\text{Kilogramos procesados}}{\text{Capacidad instalada} * \text{Horas programadas}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 9})$$

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolla en una empresa productora de aceite comestible con operaciones de comercialización en los mercados centroamericano, norteamericano y el caribe. Debido a la expansión y la alta demanda, es necesario que las líneas de envasado de aceite alcancen y mantengan la eficiencia de producción deseada para el cumplimiento del requerimiento. Esto conlleva a la necesidad de mantener los equipos en óptimas condiciones para su funcionamiento y eliminar o reducir los tiempos improductivos que afectan la eficiencia.

El progreso de la investigación consistió en estructurar el esquema de solución en fases. La primera fase consistió en observar el proceso de envasado de aceite enriquecido por entrevistas a los colaboradores que tienen participación directa o indirecta en el mismo. De la misma forma se revisó la información documental de la eficiencia de producción y de los tiempos improductivos, datos que pueden observarse en los apéndices de este trabajo.

En la segunda fase se llevó a cabo la observación en piso del proceso de envasado de aceite, la gestión de mantenimiento que se poseía y las fallas que presentaban los equipos. De la misma forma el investigador se integró a la operación en conjunto con el personal operativo de cada equipo para la recolección de información de experiencia y los sucesos del día a día.

En la tercera fase se definió y documentó el modelo de gestión de mantenimiento preventivo para las líneas de envasado de aceite integrando las

actividades autónomas y el tiempo necesario de intervención para cada uno de los equipos.

En la cuarta fase se confirmó el modelo de gestión de mantenimiento preventivo mediante el establecimiento de indicadores de desempeño para presentación de los resultados a la Gerencia de área y Superintendencia de Planta.

La conclusión obtenida es que, a través de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo a los equipos, aumentará la disponibilidad de éstos reduciendo considerablemente las fallas durante la operación, consiguiendo así un aumento de la eficiencia de producción para el cumplimiento del plan productivo.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se muestran los resultados obtenidos en el transcurso de la investigación, estos fueron desarrollados tomando como referencia los objetivos propuestos de la investigación.

3.1. Objetivo 1. Describir el impacto que tiene la gestión de mantenimiento preventivo en la eficiencia de producción

Se realizó un análisis integral de los factores del mantenimiento y su gestión que impactan en la eficiencia de producción en los que se consideró: tiempos improductivos, medición de la eficiencia de producción, cobertura de personal de mantenimiento y equipos con fallas recurrentes.

3.1.1. Análisis de tiempos improductivos

En la investigación se define como tiempo improductivo a todo aquel tiempo en donde las líneas de producción no están generando producto alguno o están produciendo a una velocidad menor a la nominal. En este análisis se excluye los tiempos catalogados como programados los cuales son aquellos que en la planificación de producción se considera como paro; y los tiempos catalogados como cambio de formato que de la misma forma se consideran en la planificación de producción.

La metodología utilizada para la cuantificación de tiempos improductivos durante la producción consiste en que el operador del equipo determina los minutos que la línea de producción detiene operaciones y registra el motivo del

paro en su reporte de producción. Posterior a ello, al finalizar el turno o la orden de producción, el supervisor realiza un reporte integral con los tiempos totales de paro y sus respectivas justificaciones, información que se registra en el sistema ERP de la organización.

Los tiempos improductivos se clasifican en dos grandes grupos dependiendo del origen de la causa, pueden ser de origen interno o externo. Son causas de origen interno las siguientes:

- Ajuste en el proceso
- Falla mecánica
- Falla eléctrica
- Falta de personal
- Errores de operación

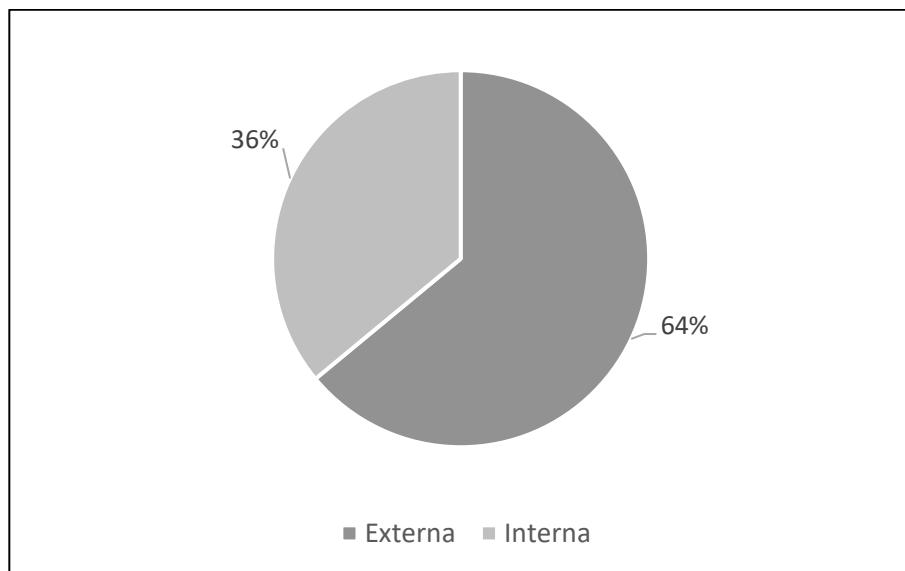
Son causas de origen externo las siguientes:

- Bodega PT llena
- Calidad del material
- Corte de energía eléctrica
- Falta de aceite
- Falta de material de empaque

La participación porcentual de cada origen de causa de los tiempos improductivos en el periodo evaluado se refleja en la siguiente gráfica:

Figura 11.

Participación porcentual por origen de causa

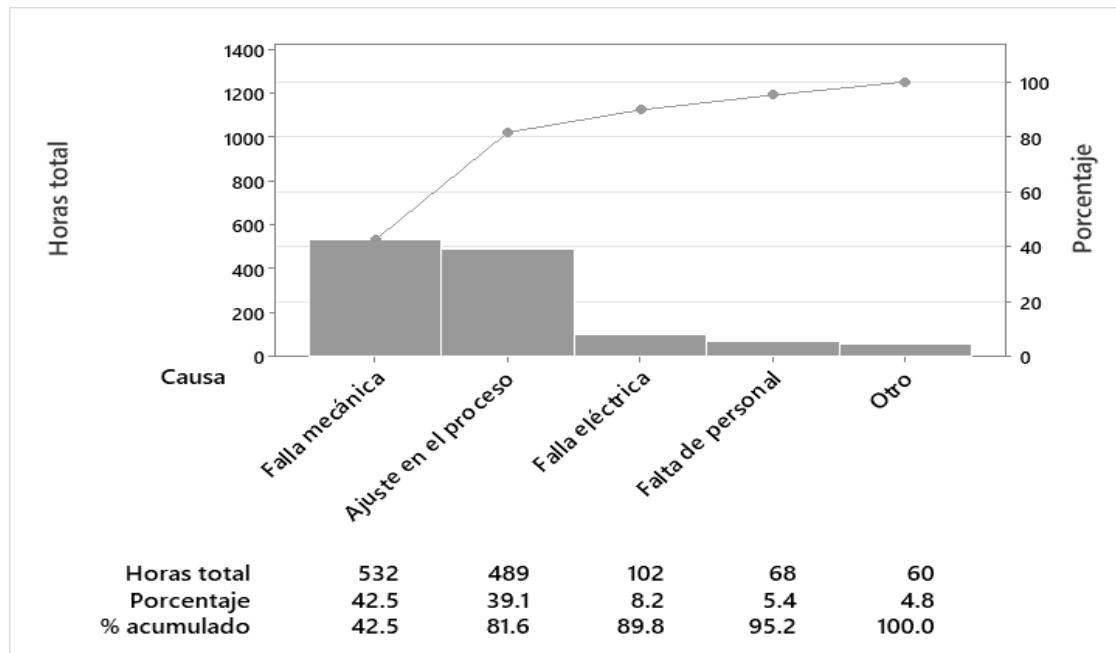


Nota. La figura muestra la participación porcentual que tiene los orígenes internos y externos de tiempos improductivos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Las causas de origen externo son las que mayor participación porcentual poseen en los tiempos improductivos, sin embargo, dado que la investigación se centró directamente en la gestión de mantenimiento, se analizan los tiempos improductivos con causa de origen interno en la siguiente gráfica.

Figura 12.

Diagrama de Pareto de causas internas de tiempos improductivos



Nota. Principales causas internas analizadas en un diagrama de Pareto con la sumatoria de horas improductivas. Elaboración propia, realizado con Minitab.

Al analizar el comportamiento de los tiempos improductivos de causas internas, podemos apreciar que las fallas mecánicas y los ajustes en el proceso son los que poseen más injerencia en el impacto de la operación. Ambas causas están involucradas directamente en las fallas recurrentes de los equipos, aspecto que es evaluado en el siguiente inciso.

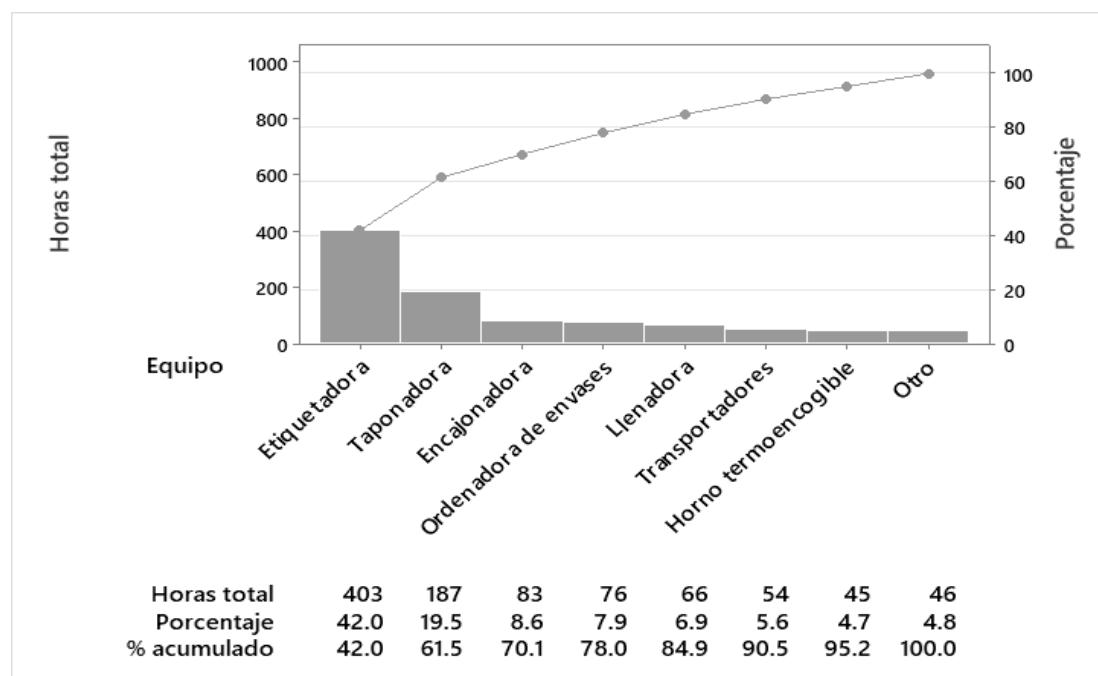
3.1.2. Análisis de equipos con fallas y ajustes recurrentes

La clasificación utilizada en los tiempos improductivos por causas ligadas a temas de mantenimiento suele ser: fallas mecánicas y fallas eléctricas. Sin embargo, la causa de ajustes en el proceso es directamente proporcional a la

cantidad de fallas presentes en los equipos. Los tiempos improductivos clasificados como ajustes en el proceso se definen como el tiempo perdido en donde el operador de equipo realiza una intervención informal o temporal para que el equipo continúe en operación mientras se coordina una reparación formal.

Figura 13.

Diagrama de Pareto de equipos con mayor recurrencia de fallas



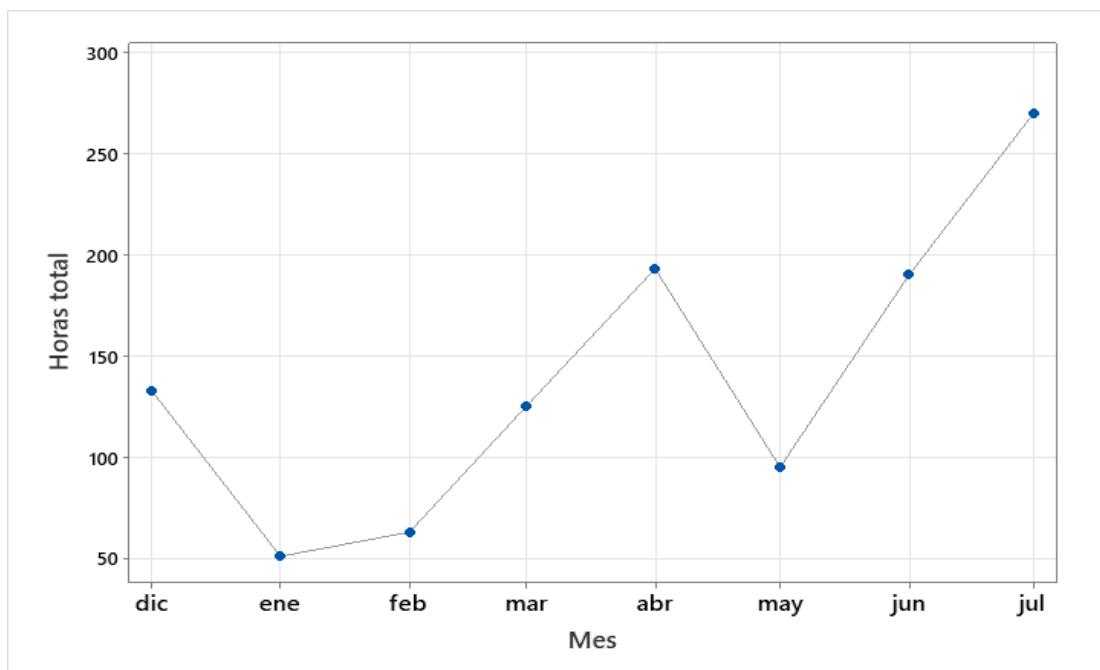
Nota. Equipos con mayor cantidad de horas en tiempos improductivos analizado con un diagrama de Pareto. Elaboración propia, realizado con Minitab.

Por la naturaleza de su estructura, existe una serie de equipos de las distintas líneas de producción que presentan mayor recurrencia en las fallas. Las etiquetadoras, taponadoras, encajonadoras y ordenadoras de envase están compuestas en su mayoría por partes mecánicas que al no contar con un mantenimiento periódico tienden a fallar constantemente o a requerir múltiples

ajustes durante la producción, deteniendo completamente la operación o disminuyendo la velocidad teórica.

Figura 14.

Comportamiento de horas improductivas de fallas y ajustes por mes



Nota. Comportamiento de horas improductivas de fallas y ajustes por mes de diciembre 2021 a julio 2022. Elaboración propia, realizado con Minitab.

Es evidente una tendencia al alza en cuanto a horas de paro por fallas y ajustes en los equipos evaluados. Cabe resaltar que en los meses de enero, febrero y mayo se realizaron actividades de mantenimiento y ajustes menores a los equipos, lo que resultó en la disminución de horas de paro por las causas mencionadas. Lo que se puede traducir que la cantidad de horas de paro por fallas y ajustes es inversamente proporcional a los mantenimientos programados en los equipos tal y como se demuestra en la figura 14.

3.1.3. Análisis de la medición de la eficiencia de producción

La eficiencia de producción en la organización objeto de estudio es tomada por cada turno u orden de producción, según corresponda, determinada por la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Kilogramos envasados producidos}}{\text{Velocidad teórica (kgs/hora)} * \text{Horas programadas}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

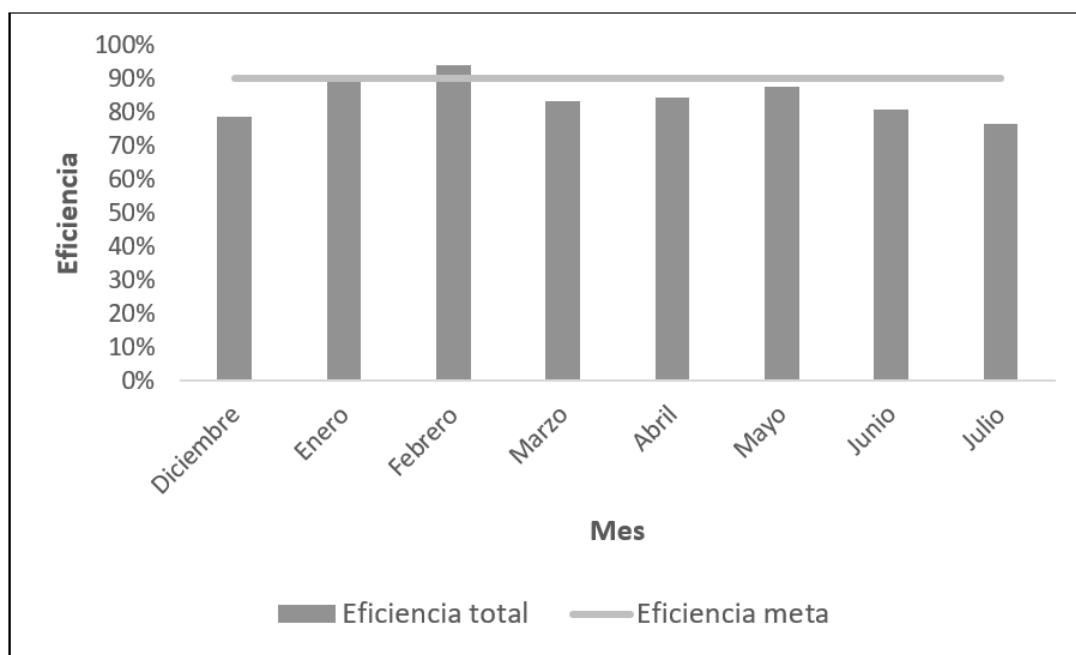
- Kilogramos envasados producidos: sumatoria total de kilogramos de aceite envasados en un tiempo determinado, ya sea turno de trabajo u orden de producción.
- Velocidad teórica (kgs/hora): cantidad de kilogramos de aceite envasados en una hora. Dicha velocidad varía dependiendo de la presentación a trabajar y de la línea de producción en cuestión.
- Horas programadas: cantidad de tiempo expresado en horas para el cálculo teórico de los kilogramos de aceite a envasar dependiendo de la presentación y de la línea de producción.

Las causas externas clasificadas en los tiempos improductivos no se consideran en el cálculo de la eficiencia de producción debido a que son eventos externos que no pertenecen a la gestión del departamento de producción y que son evaluadas en otro tipo de análisis, por lo que se restan al rubro de horas programadas.

Para efectos de presentación de resultados, cada fin de mes es promediada la eficiencia resultante de todas las presentaciones por cada línea de producción. La eficiencia mínima es del 90 %.

Figura 15.

Eficiencia del periodo evaluado (diciembre 2021 a julio 2022)

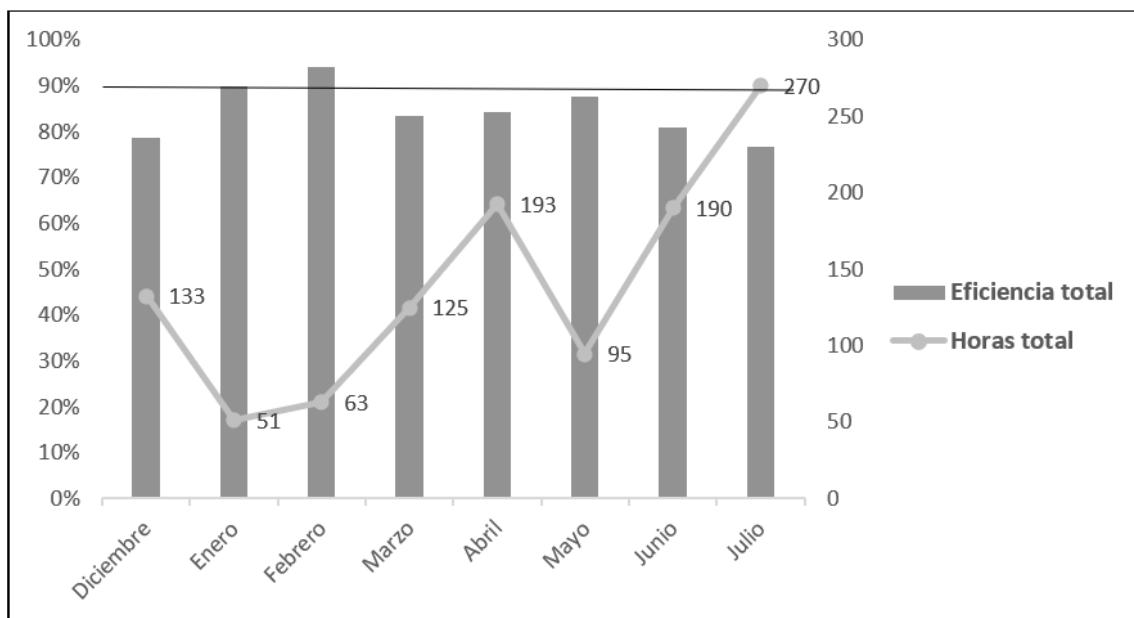


Nota. Gráfica que muestra el promedio de la eficiencia de producción en los meses de estudio.
Elaboración propia, realizado con Excel.

Las eficiencias que no alcanzan la meta observable se traducen en incumplimientos del plan de producción en tiempo y aumento de horas extras en el personal operativo por el incremento de los días laborados.

Figura 16.

Relación de la eficiencia con las horas de paro por fallas y ajustes



Nota. Relación de la eficiencia con las horas de paro por fallas y ajustes (diciembre 2021 a julio 2022). Elaboración propia, realizado con Excel.

Como se mencionó con anterioridad, el comportamiento natural de los equipos al no poseer una gestión eficiente de mantenimiento es la presencia de múltiples fallas y necesidad de ajustes y reparaciones temporales para continuar con la operación. Condición que afecta de primera mano a la eficiencia de producción al elevarse el recurso tiempo necesario como puede observarse en la gráfica anterior.

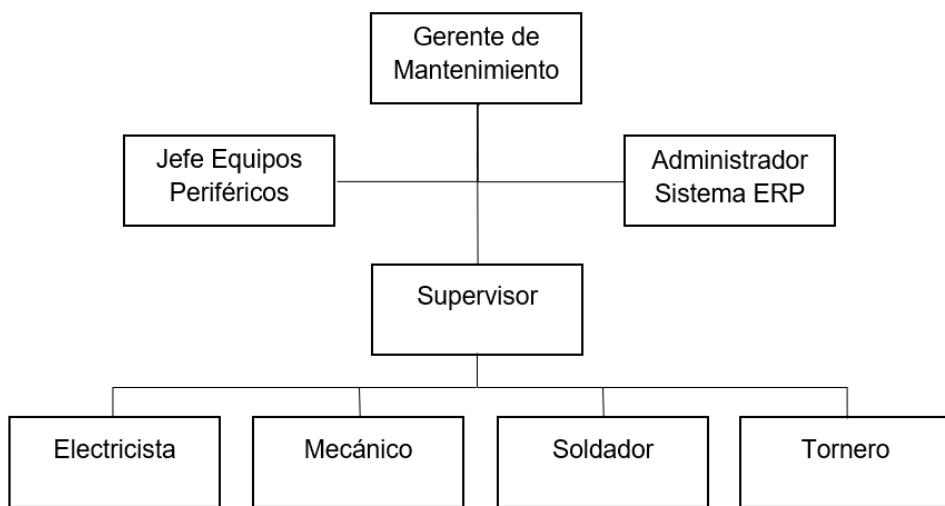
3.1.4. Análisis de cobertura de personal de mantenimiento

La organización en donde se realizó la presente investigación cuenta con una tripulación dedicada a actividades de mantenimiento centralizadas en un solo

departamento y gestión. La estructura del departamento de mantenimiento es la siguiente:

Figura 17.

Departamento de Mantenimiento: organigrama



Nota. Organigrama del departamento de mantenimiento. Elaboración propia, realizado con Word.

Los puestos descritos en el anterior organigrama funcional dan soporte a los demás departamentos operativos, teniendo que priorizar las necesidades de cada uno de ellos. Cabe mencionar que los operadores de equipos de las líneas de producción no cuentan con la formación técnica requerida para actividades de mantenimiento y reparación.

Al presentarse cualquier tipo de falla en los equipos la disponibilidad de personal técnico para la reparación inmediata es limitada o inexistente. En entrevista al personal operativo se menciona que luego de la notificación sobre las fallas, el tiempo promedio de respuesta para iniciar la revisión y diagnóstico

es de 1 hora, sumado al tiempo que requiere la reparación y posterior arranque de operaciones.

Debido a esta condición, las líneas de producción no cuentan con personal técnico disponible en todo momento lo que implica que cuando una falla de cualquier índole se hace presente, la cantidad de tiempo improductivo se eleva hasta que se realiza la respectiva intervención por parte del personal de mantenimiento.

3.2. Objetivo 2. Definir una eficiente gestión de mantenimiento preventivo para la disminución de fallas en equipos y paros en producción que afectan la eficiencia

Se realizó la definición de una gestión de mantenimiento preventivo eficiente para lograr la disminución de las fallas de cualquier tipo. La gestión considera un plan de mantenimiento preventivo por equipo y línea de producción, actividades de mantenimiento autónomo y recurso humano técnico para dichas actividades.

3.2.1. Programa de mantenimiento preventivo

Con la finalidad de reducir la cantidad de intervenciones correctivas, temporales o de emergencia en los equipos, se definió un programa de mantenimiento preventivo para cada equipo y línea de producción. El programa contempla frecuencia, cantidad de días necesarios de paro, tipo de trabajo, responsable y actividades específicas.

Tabla 3.*Programa de mantenimiento preventivo para equipos de líneas de producción*

Línea	Equipo	Tipo de Trabajo	Responsable	Actividades específicas	Registro	Tiempo de Paro	Frecuencia
Tolva de envases	Mecánico	Mecánico de taller		1. Revisión de chumaceras y ejes de transportador aéreo . Cambio si es necesario.	Orden de Trabajo - Sistematica		
Llenadora	Electromecánico	Técnico de envasado / Operador de equipo		1. Limpieza de válvulas llenadoras 2. Cambio de racores , manguera y tornillería. 3. Cambio de empaques de actuadores. 4. Cambio de empaques de válvulas de llenado. 5. Cambio banda transportadora de envases	Orden de Trabajo - Sistematica		
Taponadora	Mecánico	Mecánico de taller / Operador de equipo		1. Cambio de cojinetes 2. Cambio de ejes 3. Cambio de chumacera 4. Cambio de cadenas 5. Ajuste de fijas 6. Rectificación y cambio de sprockets	Orden de Trabajo - Sistematica		
Línea 1	Etiquetadora	Mecánico		1. Cambio de rodamientos	Semanal	5 días	
				2. Mantenimiento a engranajes 3. Calzado de ejes 4. Limpieza general 5. Cambio de aceite 6. Cambio de seguros y retenedores			
Encajadora	Electromecánico	Mecánico de taller / Operador de equipo		1. Revision de amortiguador del traslador 2. Cambio bloque de electrovalvulas 3. Limpieza de cadena del transportador de cajas	Orden de Trabajo - Sistematica		
				4. Cambio de bushin de traslador 5. Cambio de eje del traslador 6. Lubricación en general cadenas de motor. 7. Cambio de cilindro de Trampilla 8. Cambio de sellos de cilindros			
Selladora de cajas	Electromecánico	Mecánico de taller / Operador de equipo		1. Limpieza de electrovalvulas 2. Cambio de chumaceras transportador interno.	Orden de Trabajo - Sistematica		

Continuación de la tabla 3.

Línea	Equipo	Tipo de Trabajo	Responsable	Actividades específicas	Registro	Tiempo de Paro	Frecuencia
	Ordenadora de envases	Mecánico	Técnico de envasado / Operador de equipo	1. Revision y cambio de cojinetes 2. Cambio de fájas 3. Cambio de poleas 4. Cambio de ejes. 5. Chumaceras 6. Fabricación de pieza de pateador 7. Mantenimiento a 3 Motores	Orden de Trabajo - Sistématica		
	Llenadora	Electromecánico	Mecánico de taller / Operador de equipo	1. Limpieza de válvulas llenadoras 2. Cambio de raciones, manguera y tornillería. 3.Cambio de empaques de actuadores. 4. Cambio de empaques de válvulas de llenado. 5. Cambio banda transportadora de envases	Orden de Trabajo - Sistématica		
Línea 2	Taponadora	Electromecánico	Técnico de envasado / Operador de equipo	1. Cambio de tornillo sin fin 2. Cambio de ejes. 3. Retorne de tornillería 4. Cambio de cojinetes 5. Mantenimiento de motor de centrifuga	Orden de Trabajo - Sistématica		
	Etiquetadora	Electromecánico	Técnico de envasado / Operador de equipo	1. Cambio de esponjas de Todo de etiquetadora 2. Cambio de esponjas a tambores 3. Limpieza profunda de equipo 4. Revision y lubricación de estación de segmentos	Orden de Trabajo - Sistématica	5 días	Semestral
	Encajadora	Mecánico	Mecánico de taller / Operador de equipo	1. Revision de amortiguador del traslador 2. Cambio bloque de electrovalvulas 3. Limpieza de cadena del transportador de cajas 4. Cambio de bushin de traslador 5. Cambio de eje del traslador 6. Lubricación en general cadenas de motor. 7. Cambio de cilindro de Tramilla 8. Cambio de sellos de cilindros	Orden de Trabajo - Sistématica		
	Selladora de cajas	Mecánico	Mecánico de taller / Operador de equipo	1.Cambio de chumaceras transportador interno. 2. Cambio de banda de transportador inclinado.	Orden de Trabajo - Sistématica		

Continuación de la tabla 3.

Línea	Equipo	Tipo de Trabajo	Responsable	Actividades específicas	Registro	Tiempo de Paro	Frecuencia
Ordenadora de envases	Mecánico	Técnico de envasado / Operador de equipo	Técnico de envasado / Operador de equipo	1. Lubricación de chumaceras 2. Limpieza del plato interno de ordenadora 3. Revisión de poleas	Orden de Trabajo - Sistématica		
Etiquetadora	Mecánico	Técnico de envasado / Operador de equipo	Técnico de envasado / Operador de equipo	1. Cambio de eje de estrella de entrada 2. Revisión y lubricación de segmentos 3. Revisión a sistema elevador principal 4. Cambio de aceite a estación principal.	Orden de Trabajo - Sistématica		
Llenadora	Electromecánico	Técnico de envasado / Operador de equipo	Técnico de envasado / Operador de equipo	1. Limpieza profunda de boquillas de llenado 2. Cambio de empaques de boquillas 3. Limpieza de válvulas de taponadora 4. Limpieza de sistema de vacío	Orden de Trabajo - Sistématica		
Línea 14	Encajonadora / Empacadora	Electromecánico	Técnico de envasado / Operador de equipo	1. Limpieza profunda de horno y sección formadora 2. Mantenimiento a sistema de inyección hot melt 3. Mantenimiento a sistema de vacío	Orden de Trabajo - Sistématica	5 días	Cuatrimestral
				4. Mantenimiento a sistema de tracción entrada (rodamientos, guías de arrastre, sprockets, ejes) 5. Limpieza y ajuste de paneles eléctricos 6. Ajuste de piezas de tracción de cajas 7. Revisión de ejes principales y secundarios. Cambio si es necesario 8. Cambio de chumaceras y rodamientos			
Paletizadora y Envolvedora	Electromecánico	Técnico de envasado / Operador de equipo	Técnico de envasado / Operador de equipo	1. Cambio de base de freno 2. Cambio de bushing a transportador de entrada 3. Revisión de encoders. Cambio si es necesario 4. Mantenimiento a sistema eléctrico 5. Cambio de rodillos locos 6. Revisión eléctrica general de envolvedora	Orden de Trabajo - Sistématica		

Nota. Programa de mantenimiento preventivo propuesto para las líneas de producción.

Elaboración propia, realizado con Excel.

El programa de mantenimiento preventivo definido tiene como base la data histórica de las intervenciones realizadas a los equipos y los sectores en donde ha sido recurrente la presencia de algún tipo de desgaste o avería.

3.2.2. Programa de mantenimiento autónomo

Ya que el mantenimiento preventivo posea una frecuencia de ejecución de carácter cuatrimestral o semestral, es necesario que el personal operativo realice actividades de mantenimiento autónomo con una frecuencia mayor con la finalidad de no acudir a reparaciones correctivas. Las actividades correspondientes a este mantenimiento no requieren de un tiempo prolongado de paro y no son de alta complejidad.

Para ejecutar las actividades de este tipo de mantenimiento es necesario que el personal operativo se someta a capacitación por parte del personal de mantenimiento y de los técnicos de envasados, sobre aspectos básicos en relación al equipo y línea de producción. En la tabla 4 se muestra el programa de mantenimiento autónomo definido.

Tabla 4.*Programa de mantenimiento autónomo*

Línea	Equipo	Tipo de Mantenimiento	Actividades específicas	Tiempo Requerido (hrs)	Responsable	Estado de maquina	Frecuencia	Registro
1	Transportadores	Lubricación	Revisión, limpieza interna y lubricación de todos los transportadores	2	Operador de equipo	Operando	Quincenal	Orden de Trabajo - Interna
1	Llenadora	Electro - mecánico	Revisión eléctrica y mecánica en general y revisión de válvulas	6	Técnico de envasados	Detenida	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
1	Taponadora	Lubricación	Revisión, lubricación de cadenas y ejes	2	Operador de equipo	Operando	Quincenal	Orden de Trabajo - Interna
1	Etiquetadora	Mecánico	Revisión, lubricación de ejes y chumaceras	2	Operador de equipo	Operando	Quincenal	Orden de Trabajo - Interna
1	Encajadora	Electro - mecánico	Revisión eléctrica y mecánica en general y revisión de electroválvulas	6	Técnico de envasados	Detenida	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
1	Paneles	Eléctrico	Revisión, limpieza y ajuste de bornes	4	Técnico de envasados	Detenida	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
2	Ordenadora	Mecánico	Revisión mecánica y eléctrica y lubricación	6	Técnico de envasados	Operando	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
2	Llenadora	Mecánico	Revisión eléctrica y mecánica en general y revisión de válvulas	6	Técnico de envasados	Operando	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
2	Taponadora	Lubricación	Revisión, lubricación de cadenas y ejes	2	Operador de equipo	Operando	Quincenal	Orden de Trabajo - Interna
2	Etiquetadora	Mecánico	Revisión, lubricación de ejes y chumaceras	2	Operador de equipo	Operando	Quincenal	Orden de Trabajo - Interna
2	Encajadora	Electro - mecánico	Revisión eléctrica y mecánica en general y revisión de electroválvulas	6	Técnico de envasados	Detenida	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
2	Envolvedora	Electro - mecánico	Revisión mecánica y eléctrica , limpieza de panel de control	2	Técnico de envasados	Operando	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
2	Transportadores	Lubricación	Revisión, limpieza interna y lubricación de todos los transportadores	2	Operador de equipo	Operando	Quincenal	Orden de Trabajo - Interna
2	Paneles	Eléctrico	Revisión, limpieza y ajuste de bornes	4	Técnico de envasados	Detenida	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
14	Ordenadora	Mecánico	Revisión mecánica y lubricación	4	Técnico - Operador	Operando	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
14	Etiquetadora	Mecánico	Revisión mecánica, lubricación y limpieza	4	Técnico - Operador	Detenida	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
14	Llenadora	Mecánico	Revisión mecánica, lubricación y limpieza de tapas y lubricación	6	Técnico - Operador	Detenida	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
14	Encajadora	Electro - mecánico	Revisión mecánica, eléctrica y lubricación de partes móviles	12	Técnico - Operador	Detenida	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
14	Palletizadora	Electro - mecánico	Revisión eléctrica y mecánica en general	6	Técnico de envasados	Detenida	Mensual	Orden de Trabajo - Interna
14	Transportadores	Mecánico	Revisión y lubricación de todos los transportadores	6	Operador de equipo	Operando	Quincenal	Orden de Trabajo - Interna
14	Paneles	Eléctrico	Revisión, limpieza y ajuste de bornes	6	Técnico de envasados	Detenida	Mensual	Orden de Trabajo - Interna

Nota. Programa de mantenimiento autónomo propuesto para las líneas de producción.

Elaboración propia, realizado con Excel.

Los operadores de equipos deben contar con las herramientas y utensilios requeridos para la ejecución de actividades, elementos que la organización debe suministrar. La existencia y aplicación de ambos programas de mantenimiento, preventivo y autónomo, disminuye considerablemente la necesidad de ejecutar reparaciones correctivas, sin embargo, no se descarta totalmente, sino al contrario se definió una metodología para este tipo de intervenciones como parte de la gestión. La metodología para las reparaciones correctivas consiste en que cuando se detecta una falla o un indicio de esta, el operador de equipo ingrese una boleta de requisición de reparación o mejora para el equipo en cuestión. La boleta es revisada por el Supervisor de turno y coordinada la actividad con los técnicos de envasado.

Figura 18.

Boleta para requerimiento de mejora o mantenimiento

BOLETA PARA REQUERIMIENTO DE MEJORA O MANTENIMIENTO	
LÍNEA DE PRODUCCIÓN:	EQUIPO:
DESCRIPCIÓN (DETALLAR LO QUE SE REQUIERE, PUEDE HACER DIBUJO)	
SOLICITANTE:	FECHA:
REVISADO POR:	
ASIGNADO A:	

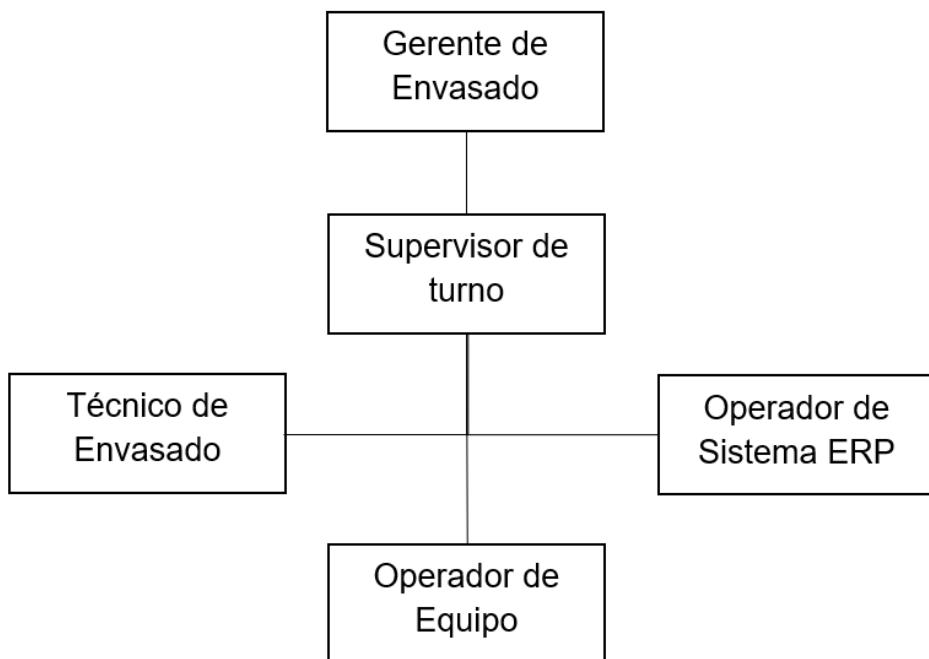
Nota. Formato propuesto para boleta de requerimientos de mantenimientos. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.2.3. Recurso humano técnico de envasado para actividades de mantenimiento

Tal y como se consideró en la definición de los programas de mantenimiento, se creó la posición de Técnico de Envasado cuyo propósito es brindar cobertura técnica a las operaciones del envasado directamente, conformando parte de la estructura organizacional del departamento tal y como se puede observar en la figura 19.

Figura 19.

Departamento de Envasado: organigrama



Nota. Organigrama del departamento de envasados considerando la posición de Técnico de Envasado. Elaboración propia, realizado con Word.

El personal que ocupa dicha posición posee la experiencia necesaria y el conocimiento de los equipos de las líneas de producción debido a que pertenecía al departamento de mantenimiento.

3.3. Objetivo 3. Establecer los indicadores para la evaluación de desempeño de un modelo gestión de mantenimiento preventivo

Definida la gestión en el objetivo anterior, se procedió a establecer los indicadores para la evaluación de desempeño. Adicional se define el método de evaluación para el análisis estratégico de la organización.

3.3.1. Indicadores para la evaluación de desempeño

Con el objetivo de tener una visión general del desempeño de la gestión, se establecen los siguientes indicadores:

$$\text{Disponibilidad de equipos} = \frac{\text{Horas totales para operar} - \text{Horas de paro por mantenimiento}}{\text{Horas totales para operar}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 11})$$

$$\text{Confiabilidad de equipos} = \frac{\text{Horas del periodo evaluado} - \text{Horas de paros no planeados}}{\text{Tiempo total para operar}} * 100 \% \quad (\text{Ec. 12})$$

La salida de estos indicadores brinda una visión acertada del comportamiento de los equipos relacionado con temas de mantenimiento.

3.3.2. Método de evaluación del modelo de gestión de mantenimiento preventivo

El modelo propuesto de gestión debe ser sometido a una evaluación para verificar su eficacia y cumplimiento vista desde una perspectiva sistemática que

contemple los programas de mantenimiento, periodicidad, registros y recursos, es por ello que se integró al programa de auditorías anual que la organización posee. Las conclusiones y hallazgos de dicha auditoría determinarán la inclusión estratégica de este tipo de modelo de gestión a las demás plantas productivas pertenecientes a la organización.

3.4. Objetivo 4. Definir un modelo de gestión de mantenimiento preventivo basado en la metodología de mantenimiento productivo total, en las líneas de envasado de aceite para el aumento de la eficiencia de producción

Dada la definición de la gestión de mantenimiento como objetivo número 2 en donde se consideran los programas de mantenimiento preventivo y autónomo, la disposición y capacitación del recurso humano y la metodología para los mantenimientos correctivos y de mejora; esto adicionado al establecimiento de los indicadores para la evaluación del desempeño como objetivo número 3, se define el modelo más conveniente de la gestión de mantenimiento preventivo para las líneas de envasado de aceite con el fin de aumentar la eficiencia de producción, actividades basadas en los pilares de la metodología TPM (mantenimiento productivo total):

- Capacitación y desarrollo de habilidades
- Prevención del mantenimiento
- Mantenimiento planificado
- Mantenimiento autónomo
- Mejoras enfocadas

En términos económicos el modelo contempla la habilitación de dos plazas para el puesto de Técnico de Envasado que deben ser presupuestados para la

operación del departamento. En la siguiente tabla se considera una aproximación de la sugerencia del presupuesto.

Tabla 5.

Sugerencia de presupuesto para el modelo definido

Puesto	Salario ordinario	Bonificación incentivo	Comisión productiva	Salario extraordinario	Subtotal	Plazas	Total
Técnico de envasado	Q.3,500.00 0	Q. 250.00	Q. 1,700.00	Q. 1,500.00	Q.6,950.00 0	2	Q. 13,900.00

Nota. Composición del salario propuesto para la plaza de Técnico de Envasado. Elaboración propia, realizado con Word.

En la sugerencia del presupuesto se considera únicamente el salario del puesto de Técnico de Envasado debido a que los demás recursos no requieren de una inversión económica. La habilitación del tiempo para la realización de los mantenimientos preventivos está a cargo del jefe de planificación, quien en función a la planificación de producción y a la planificación del mantenimiento, determinará el tiempo más prudente para su ejecución.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la presente investigación cumplen satisfactoriamente con los objetivos propuestos. Dichos resultados pueden ser discutidos y analizados en aspectos internos y externos a la organización.

4.1. Análisis Interno

La confiabilidad de los resultados obtenidos posee como base la aproximación del investigador al proceso en piso, en donde las entrevistas al personal involucrado directa e indirectamente y la observación al proceso de envasado de aceite y la gestión de mantenimiento a los equipos brindaron un panorama amplio y claro de lo que estaba sucediendo.

Los datos utilizados para identificar los resultados se encontraban disponibles ya que pertenecen a los controles del sistema de gestión y de costos que la compañía posee, ya sea en el sistema ERP, indicadores clave de desempeño o relación costo/kilo. Dichos datos fueron integrados y analizados por medio de gráficas para una mejor comprensión.

Uno de los principales resultados de la investigación fue identificar la relación que existe entre el tiempo de fallas y ajustes de los equipos con la eficiencia de producción, al observar que la eficiencia disminuye considerablemente en aquellos meses en donde la cantidad de horas de tiempo improductivo por las causas mencionadas son elevadas.

A partir de estos datos se diseñó una guía del enfoque que se debe tener para la resolución de la problemática que permita fortalecer el área de producción al identificar la desviación y toma de acciones sobre ella. Una de las limitantes encontradas durante la investigación fue el tiempo de respuesta del personal al momento de recabar la información. A esta condición se le suma la confidencialidad de la información correspondiente a costos de las operaciones y recursos, lo que implicó en no contar con un análisis de costeo para la propuesta del modelo.

4.2. Análisis externo

Los resultados de la presente investigación claramente pueden ser aplicados a otras organizaciones cuyas operaciones sean similares a la organización objeto de estudio. Que, al pertenecer al sector de consumo masivo, necesitan de un elevado índice de confiabilidad y disponibilidad de equipos para que la eficiencia de producción alcance las metas requeridas.

TPM (mantenimiento productivo total) se considera como una metodología integral de mantenimiento que puede utilizarse en este tipo de condiciones tal y como lo menciona Fernández (2018) al definirla como “un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección” (p. 21).

La propuesta que consiste en un modelo de gestión de mantenimiento preventivo se adapta a las necesidades de la organización al disminuir la cantidad de tiempo improductivo por fallas y ajustes en los equipos, elementos que son la principal causa de no alcanzar la eficiencia de producción como se observó en la presentación de resultados.

El establecimiento de los indicadores para la evaluación del desempeño brinda una lectura del funcionamiento del modelo de gestión propuesto. Pérez (2021) comenta que los indicadores de gestión “permiten identificar las oportunidades de mejoramiento y desviaciones respecto a las metas propuestas mediante la interpretación de los resultados, al igual que los aspectos positivos que deberá mantener dentro de los valores ideales” (p. 96). La alta dirección puede tomar dicho modelo de gestión y replicarlo en los otros departamentos productivos de la organización fortaleciendo la filosofía y cultura que dicho modelo conlleva.

Al disminuir el tiempo de fallas y ajustes y aumentar la eficiencia de producción, la organización puede gozar de los siguientes beneficios:

- Cumplimiento del plan de producción en tiempo, lo que se traduce en un mejor abastecimiento de producto terminado a las bodegas
- Logro en la meta de los indicadores clave de desempeño
- Mejor control y seguimiento a los equipos
- Mayor confiabilidad de la calidad del producto

Los beneficios de la investigación mencionados anteriormente pueden ser parte de la ventaja competitiva de la organización.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la eficiencia de producción es impactada negativamente por la deficiente gestión de mantenimiento teniendo como principales factores el aumento de tiempo de paro por fallas y ajustes en los equipos, la insuficiente cobertura y tiempo de respuesta por personal de mantenimiento y la falta de personal técnico disponible en las líneas de producción.
2. Una eficiente gestión de mantenimiento en las líneas de envasado de aceite debe contemplar programas de mantenimiento preventivo y autónomo, la metodología para mantenimientos correctivos o de mejora y la reestructuración de personal técnico y capacitado para así disminuir las fallas en equipos y paros de producción, aspectos que afectan la eficiencia.
3. Se establecieron los indicadores para evaluar el desempeño del modelo de gestión de mantenimiento, siendo estos la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Los cuales permiten tener una visión general del desempeño del modelo que generará valor para la toma de acciones de mejoramiento continuo en el departamento de envasado de aceite.
4. Se definió el modelo más conveniente de gestión de mantenimiento preventivo para las líneas de envasado de aceite basado en los pilares de la metodología TPM (mantenimiento productivo total), cuya aplicación puede beneficiar en una mayor confiabilidad y disponibilidad de equipos, disminución de paros por fallas y ajustes en los mismos y, por

consecuente, un aumento de la eficiencia de producción beneficiando a la organización al poseer la capacidad de completar en tiempo el requerimiento de producto terminado en el plan de producción.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar, por parte de la gerencia de envasados, otras causas internas de tiempo improductivo, ajenas a la gestión de mantenimiento, que impactan en la eficiencia de producción, de igual forma, las causas externas que no pertenecen a la gestión del envasado con el objetivo de implementar controles para reducir el tiempo de paro y por ende aumentar la eficiencia.
2. Crear un programa de formación técnica para todo el personal operativo a través de talleres de capacitación liderado por personal de mantenimiento, para que las intervenciones y dependencia de las reparaciones sea directamente del operador del equipo. Sumado a la adquisición de herramientas, equipos y formación para implementar un plan de mantenimiento predictivo en el futuro.
3. Agregar la gestión de mantenimiento como elemento de entrada de revisión por la Alta Dirección para evaluación de indicadores y desempeño, de igual forma, al alcance de la certificación ISO 9001 que la organización ya posee.
4. Implementar el modelo de gestión de mantenimiento preventivo diseñado para las líneas de envasado de aceite basado en la metodología TPM (mantenimiento productivo total), que se ha definido para la disminución de paros en equipos por fallas y ajustes y por conseciente, el aumento de la eficiencia de producción. Para la Gerencia de área y Superintendencia de Planta se sugiere un constante seguimiento y

evaluación del desempeño del modelo de gestión de mantenimiento para que los resultados del mismo generen valor a las operaciones.

5. Aplicar el modelo de gestión de mantenimiento preventivo definido en la presente investigación a las otras plantas productivas de la organización.

REFERENCIAS

- Carro, R. y González, D. (2012). *Productividad y competitividad*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Chiavenato, I. (2006). *Introducción a la teoría general de la administración*. McGraw Hill.
- Fernández, E. (2018). *Gestión de mantenimiento: lean maintenance y TPM*. [Tesis de maestría, Universidad de Oviedo]. Archivo digital. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%20n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=847F8584AD4D3BCF665B799F76B8F9E1?sequence=1>
- Martinez, L. (2007). *Organización y planificación de sistemas de mantenimiento*. Instituto Superior de Investigación y Desarrollo.
- Mora, A. (2005). *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios*. Editorial AMG.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. Ellmann, Sueiro y Asociados.
- Nakajima, S. (1991). *Introducción al TPM*. Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A.

Norma Venezolana Convenio 3049-93 (1993). *Mantenimiento. Definiciones.*
<https://pandectasdigital.blogspot.com/2019/06/norma-covenin-3049-93-mantenimiento.html>

Pérez, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial.*
Ediciones USTA.

Rivas, E. (2006). *Modelo teórico de un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos.* [Tesis de maestría, Universidad Católica Andres Bello]. Archivo digital.
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ9426.pdf>

Robbins, S. y Coulter, M. (2005). *Administración.* Pearson Educación.

Rodriguez, F. y Gomez, L. (1991). *Indicadores de calidad y productividad en la empresa.* Corporación Andina de Fomento.

Wolters Kluwer (s.f.). Eficiencia (fiscalidad y economía pública) La Ley.
https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?parametros=H4sIAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASNjEzNLtbLUouLM_DxblwMDS0NDA1OQQGZapUt-ckhIQaptWmJOcSoAh_5GLDUAAAA=WKE

Zambrano, S. y Leal, S. (2006). *Manual práctico de gestión de mantenimiento.*
Fondo Editorial UNET.

APÉNDICES

Apéndice 1.

Control de eficiencia de producción

Mes	Línea	Capacidad teórica Kg/Hr	Horas operativas	Capacidad disponible	Kilogramos producidos	Eficiencia	Promedio
Diciembre	1	5,091.82	427	2,174,205.41	1,525,828.86	70 %	
Diciembre	2	5,006.92	413	2,067,859.00	1,877,911.50	91 %	
Diciembre	14	8,551.07	490	4,190,025.11	3,135,933.78	75 %	79 %
Enero	1	4,900	246	1,205,400.00	1,061,788.61	88 %	
Enero	2	4,700	406	1,908,200.00	1,757,772.40	92 %	
Enero	14	8,100	411	3,329,100.00	2,994,654.64	90 %	90 %
Febrero	1	4,900	212	1,038,800	934,328	90 %	
Febrero	2	4,700	312	1,466,400	1,351,547	92 %	
Febrero	14	8,100	343	2,778,300	2,774,018	100 %	94 %
Marzo	1	4,900	380	1,862,000	1,326,605	71 %	
Marzo	2	4,700	415	1,950,500	1,687,133	86 %	
Marzo	14	8,100	360	2,916,000	2,724,099	93 %	83 %
Abril	1	4,900	299	1,465,100	1,174,051	80 %	
Abril	2	4,700	460	2,162,000	1,833,076	85 %	
Abril	14	8,100	405	3,280,500	2,895,206	88 %	84 %
Mayo	1	4,900	287	1,406,300	1,219,247	87 %	
Mayo	2	4,700	497	2,335,900	1,993,973	85 %	
Mayo	14	8,100	398	3,223,800	1,931,173	91 %	88 %
Junio	1	4,900	252	1,234,800	999,175	81 %	
Junio	2	4,700	329	1,546,300	1,177,099	76 %	
Junio	14	8,100	487	3,944,700	3,390,872	86 %	81 %
Julio	1	4,900	325	1,592,500	1,112,570	70 %	
Julio	2	4,700	389	1,828,300	1,347,215	74 %	
Julio	14	8,100	418	3,385,800	2,914,452	86 %	77 %

Nota. Eficiencia de producción por línea durante los meses de estudio. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 2.

Control de tiempos improductivos L1

Línea	Fecha	Turno	Observación	Motivo	Origen causa	Horas totales
L1	3/12/2021	1	Cambio de filtros de cartucho	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	0.3
L1	3/12/2021	1	Ajuste operativo en encajonadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.5
L1	3/12/2021	1	Ajuste de etiquetadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.3
L1	3/12/2021	2	Preparación de aceite	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.2
L1	4/12/2021	1	Encajonado manual de 710 Bonella	Ajuste en el proceso, o	Interna	2.4
L1	4/12/2021	1	Atraso de cambio de formato	Ajuste en el proceso, o	Interna	1.8
L1	6/12/2021	2	Falla mecánica en encajonadora	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	1.2
L1	6/12/2021	2	Ajuste operativo en llenadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	1.1
L1	7/12/2021	1	Sensor en elevador de canasta encajonadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	2
L1	7/12/2021	2	Falla mecánica en taponadora	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	4
L1	8/12/2021	1	Ajuste operativo en llenadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	1
L1	8/12/2021	2	Ajuste en separadores de encajonadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.63
L1	8/12/2021	2	Ajuste operativo en llenadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	1.2
L1	8/12/2021	2	Ajuste en esponja de etiquetadora Ekitek	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.37
L1	9/12/2021	1	Ajuste y limpieza en banda inclinada de pt	Ajuste en el proceso, o	Interna	1
L1	9/12/2021	2	Encajonadora y niveles de llenado	Ajuste en el proceso, o	Interna	1
L1	10/12/2021	1	Limpieza de banda inclinada	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.4

Nota. Ejemplo de la base de datos de tiempos improductivos de línea 1. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 3.

Control de tiempos improductivos L2

Línea	Fecha	Turno	Observación	Motivo	Origen causa	Horas totales
L2	2/12/2021	1	Eje de polea de ordenadora	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	0.6
L2	2/12/2021	1	Taponadora y etiquetadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.6
L2	2/12/2021	2	Atoramiento de ordenadora	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	0.63
L2	2/12/2021	2	Alineación de faja de transferencia en taponadora	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	1.5
L2	3/12/2021	1	Ordenadora y separadores de encajonadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	1.18
L2	3/12/2021	1	Ajuste operativo en cambio de tanque	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.5
L2	4/12/2021	1	Separadores de encajonadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.6
L2	7/12/2021	2	Falla mecánica en taponadora	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	1
L2	8/12/2021	1	Guías de taponadora y eslabones de banda	Ajuste en el proceso, o	Interna	2
L2	8/12/2021	1	Ajuste operativo en llenadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	1
L2	11/12/2021	1	Falla en etiquetadora, no desprende la etiqueta	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	2
L2	13/12/2021	1	Cambio de faja en ordenadora de envases	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	0.55
L2	14/12/2021	1	Se realiza cambio de tornillo quebrado de canasta de encajonadora	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	0.5

Nota. Ejemplo de la base de datos de tiempos improductivos de línea 2. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 4.

Control de tiempos improductivos L14

Línea	Fecha	Tur	Observación	Motivo	Origen	Horas
		no			causa	totales
L14	2/12/2021	1	Banda de balanza dinámica dañada	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	0.9
L14	2/12/2021	2	Cambio de faja dentada en báscula	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	0.65
L14	3/12/2021	2	Ajuste operativo en etiquetadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.5
L14	3/12/2021	2	Limpieza de carcasa de filtros	Ajuste en el proceso, o	Interna	7
L14	7/12/2021	1	Ajuste por cambio de filtros	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.75
L14	7/12/2021	1	Recirculación de aceite por limpieza de filtros	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.75
L14	7/12/2021	1	Ajuste operacional en boquillas de llenadora	Ajuste en el proceso, o	Interna	0.5
L14	10/12/2022	1	Ruptura de cadena en baumer	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	0.5
L14	11/12/2022	1	Falla mecánica en envolvedora Atlanta	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	2
L14	11/12/2022	1	Fractura en acople mecánico	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	1
L14	13/12/2022	1	Falla mecánica en acople de rodillos	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	8
L14	16/12/2022	1	Falla mecánica en cuchilla de film	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	8
L14	18/12/2022	2	Cambio de faja en ordenadora	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	0.3
L14	27/12/2022	2	Cambio de resistencia en horno	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	2.85
L14	5/01/2022	1	Falla en banda de entrada en paletizadora	Tiempo de reparación, falla mecánica, o	Interna	1.2

Nota. Ejemplo de la base de datos de tiempos improductivos de línea 14. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 5.

Matriz de consistencia de sustentación de la investigación

Preguntas	Objetivos	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
¿De qué manera la eficiencia de producción ha sido impactada por la gestión de mantenimiento?	Describir el impacto que tiene la gestión de mantenimiento preventivo en la eficiencia de producción.	La gestión de mantenimiento evaluada desde el análisis de tiempos improductivos, equipos con una mayor cantidad de fallas y ajustes y en la cobertura del personal de mantenimiento, impacta de manera negativa a la eficiencia de producción.	Se determinó que la eficiencia es impactada negativamente por la deficiente gestión de mantenimiento teniendo como principales factores el aumento de tiempo de paro por fallas y ajustes en los equipos, la insuficiente cobertura y tiempo de respuesta por personal de mantenimiento y la falta de personal técnico disponible en las líneas de producción.	Evaluuar otras causas internas de tiempo improductivo, ajenas a la gestión de mantenimiento, que impactan en la eficiencia de producción, de igual forma, las causas externas que no pertenecen a la gestión del envasado con el objetivo de implementar controles para reducir el tiempo de paro y por ende aumentar la eficiencia.

Continuación del apéndice 5.

Preguntas	Objetivos	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
¿Cómo una eficiente gestión de mantenimiento preventivo disminuirá las fallas en equipos y los paros en producción que afectan la eficiencia?	Definir una eficiente gestión de mantenimiento preventivo para la disminución de fallas en equipos y paros en producción que afectan la eficiencia.	Definición de la gestión de mantenimiento a través de: programa de mantenimiento preventivo y autónomo, metodología para los mantenimientos correctivos o de mejora y personal capacitado.	Una eficiente gestión de mantenimiento en las líneas de envasado de aceite debe contemplar programas de mantenimiento preventivo y autónomo, la metodología para mantenimientos correctivos o de mejora y la reestructuración de personal técnico y capacitado para así disminuir las fallas en equipos y paros de producción, aspectos que afectan la eficiencia.	Crear un programa de formación técnica para todo el personal operativo a través de talleres de capacitación liderado por personal de mantenimiento, para que las intervenciones y dependencia de las reparaciones sea directamente del Operador del equipo. Sumado a la adquisición de herramientas, equipos y formación para implementar un plan de mantenimiento predictivo en el futuro.

Continuación del apéndice 5.

Preguntas	Objetivos	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
¿Qué indicadores se pueden establecer con un modelo de gestión de mantenimiento preventivo?	Establecer los indicadores para la evaluación de desempeño de mantenimiento preventivo?	Indicadores de mantenimiento cuyo resultado ayuda a determinar el desempeño de los equipos durante la producción. Metodología para dar seguimiento a la gestión a través de auditorías.	Se establecieron los indicadores para evaluar el desempeño del modelo de gestión de mantenimiento, siendo estos la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Los cuales permiten tener una visión general del desempeño del modelo que generará valor para la toma de acciones de mejoramiento continuo en el departamento de envasado de aceite.	Agregar la gestión de mantenimiento como elemento de entrada de revisión por la Alta Dirección para evaluación de indicadores y desempeño, de igual forma, al alcance de la certificación ISO 9001 que la organización ya posee.

Continuación del apéndice 5.

Preguntas	Objetivos	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
¿Cuál es el modelo más conveniente de gestión de mantenimiento preventivo en las líneas de envasado de aceite para el aumento de la eficiencia de producción?	Definir un modelo de gestión de mantenimiento preventivo basado en la metodología de Mantenimiento Productivo Total, en las líneas de envasado de aceite para el aumento de la eficiencia de producción.	A través de la definición de la gestión y la forma de evaluar su desempeño, se define el modelo más conveniente para la gestión de mantenimiento preventivo basado en los pilares de la metodología TPM, para la gestión de mantenimiento preventivo, basado en los pilares de la metodología TPM.	Se definió el modelo más conveniente de gestión de mantenimiento preventivo basado en los pilares de la metodología TPM, cuya aplicación puede beneficiar en una mayor confiabilidad y disponibilidad de equipos, disminución de paros por fallas y ajustes en los mismos y, por consecuente, un aumento de la eficiencia de producción beneficiando a la organización al poseer la capacidad de completar en tiempo el requerimiento de producto terminado en el plan de producción.	Implementar el modelo de gestión de mantenimiento preventivo diseñado para las líneas de envasado de aceite basado en la metodología TPM, que se ha definido para la disminución de paros en equipos por fallas y ajustes y por consecuente, el aumento de la eficiencia de producción. Para la Gerencia de área y Superintendencia de Planta se sugiere constante seguimiento y evaluación del desempeño del modelo de gestión de mantenimiento para que los resultados del mismo generen valor a las operaciones.

Nota. Matriz de coherencia que indica los aspectos relevantes de la investigación. Elaboración propia, realizado con Word.