



**Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el mejoramiento de los
procesos de empaquetado de arroz en la empresa Grupo Diana**

Wilson Fernando Pacheco Hernández

20451916644.

Diego Alejandro Díaz Montaña

20451916451

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2023

**Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el mejoramiento de los
procesos de empaquetado de arroz en la empresa Grupo Diana**

Wilson Fernando Pacheco Hernández

Diego Alejandro Díaz Montaña

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Director (a):

Ingeniero Msc. Juan Carlos Rico

Línea de Investigación:

Mantenimiento Industrial

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Ciudad, Día Mes Año.

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado a:

Nuestros padres quienes, con dedicación, esfuerzo y paciencia, nos ayudaron a lograr una de nuestras metas anheladas por nosotros, por esa lucha incansable de hacernos ver que no hay que rendirse ante situaciones adversas.

Nuestros hermanos y demás familiares por tener esa fe inmensa y creer en que podríamos llegar a lograrlo, gracias por sus palabras de apoyo y sus constantes oraciones para que nuestro camino nunca fuera desviado y culmináramos tan maravilloso proceso.

Por último, compañeros de estudio y amigos quienes fueron un pilar importante en momentos difíciles, brindándonos su ayuda y siendo aquel soporte para que juntos lográramos llevar de la mejor manera esta experiencia educativa tan significativa para nuestras vidas.

Agradecimientos

Agradecemos muy profundamente a la Universidad Antonio Nariño y a la facultad de ingeniería mecánica, electrónica y biomédica, por brindarnos la oportunidad de llevar a cabo nuestro crecimiento profesional.

Nuestro más sincero agradecimiento a los docentes de la universidad Antonio Nariño en especial a la directora del programa de ingeniería mecánica la Ingeniera Sandy Mosquera, quien con su dedicación nos ayudó y guio en este proceso académico, con consejos, información y muestras de apoyo los cuales nos fortalecieron para no detenernos en la búsqueda de cumplir tan anhelado sueño.

Finalmente, agradecemos enormemente al Ingeniero Juan Carlos Rico quien fue nuestro tutor y colaborador en tan importante proceso, brindando confianza en nosotros y compartiendo su amplia experiencia para que la realización de este proyecto se pudiera llevar a cabo.

Resumen

En este proyecto tuvo como objetivo central el diseño de un plan de mantenimiento preventivo de las máquinas de enfiado y envasado de arroz de la empresa Grupo Diana ubicada en el municipio de Espinal – Tolima. Surgió a raíz de la necesidad de disminuir la cantidad de fallos que presentan las máquinas e incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos clasificados como críticos o medianamente críticos. Dentro de las metodologías aplicadas para el desarrollo de esta investigación, se utilizaron el diagrama de Pareto y el análisis de criticidad. Se aplicaron a una muestra representativa de equipos compuesta por una enfiadora y una envasadora, además, se organizaron las máquinas por bloques mecánicos para hacer más pertinente el análisis de equipos críticos, así como para la elaboración del plan de mantenimiento que se integró al sistema SAP de la empresa. Como resultado se obtuvo una mejor organización de las máquinas por bloques y se hizo posible la implementación del mantenimiento preventivo de equipos críticos. De tal manera que se aportó significativamente al proceso de empaquetado y por ende a la productividad de la planta de arroz Diana sede Espinal.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, Criticidad, Pareto, SAP, empaquetado.

Abstract

The central objective of this project was the design of a preventive maintenance plan for the rice wrapping and packaging machines of the Grupo Diana company located in the municipality of Espinal - Tolima. It arose from the need to reduce the number of failures that machines present and increase the mechanical availability of equipment classified as critical or moderately critical. Within the methodologies applied for the development of this research, the Pareto diagram and the criticality analysis were used. They were applied to a representative sample of equipment made up of a baler and a packaging machine, in addition, the machines were organized by mechanical blocks to make the analysis of critical equipment more relevant, as well as for the development of the maintenance plan that was integrated into the SAP system. of the company As a result, a better organization of the machines by blocks was obtained and the implementation of preventive maintenance of critical equipment became possible. In such a way that it contributed significantly to the packaging process and therefore to the productivity of the Diana rice plant, Espinal headquarters.

. **Key words:** Preventive Maintenance, Criticality, Pareto, Packaging.

Tabla de Contenido

Introducción.....	14
1. Fundamentos De La Investigación.....	17
1.1. Planteamiento del Problema	17
1.2. Pregunta de Investigación.....	19
1.3. Justificación	19
1.4. Objetivos	20
<i>1.4.1. Objetivo General</i>	<i>20</i>
<i>1.4.2. Objetivos Específicos.....</i>	<i>20</i>
2. Marco Referencial	21
2.1. Antecedentes.....	21
2.2. Marco teórico	25
<i>2.2.1. Mantenimiento preventivo.....</i>	<i>26</i>
<i>2.2.2. Aspectos para considerar en el mantenimiento preventivo.....</i>	<i>27</i>
2.3. Análisis de criticidad	28
<i>2.3.1. Frecuencia de fallas.....</i>	<i>33</i>
<i>2.3.2. Impacto Operacional.....</i>	<i>33</i>
<i>2.3.3. Flexibilidad Operacional</i>	<i>34</i>
<i>2.3.4. Costo del mantenimiento.</i>	<i>35</i>

2.3.5.	<i>Impacto de seguridad y Medio ambiente</i>	35
2.4.	El principio de Pareto	37
2.4.1.	<i>Diagrama de Pareto</i>	37
2.5.	Las máquinas empaquetadoras	38
2.6.	SAP	42
2.6.1.	<i>Módulos SAP</i>	43
2.6.2.	<i>SAP PM</i>	44
2.6.3.	<i>PM-PRM Mantenimiento preventivo</i>	45
3.	Diseño Metodológico	48
3.1.	Tipo de estudio	48
3.2.	Población y muestra	48
3.2.1.	<i>Población</i>	48
3.2.2.	<i>Muestra</i>	51
3.3.	Metodología	51
3.3.1.	<i>Diagnóstico</i>	52
3.3.2.	<i>Recolección de información (Descripción y Organización de las máquinas, análisis de criticidad y diagrama de Pareto)</i>	53
3.3.3.	<i>Plan de mantenimiento preventivo</i>	60
4.	Resultados y Análisis	61
4.1.	Diagnóstico	61

4.2.	Descripción y organización de las máquinas.....	62
4.3.	Análisis de criticidad	70
4.4.	Diagrama de Pareto.....	73
4.5.	Plan de mantenimiento preventivo.....	76
4.5.1.	<i>Creación del Plan de mantenimiento preventivo en el sistema SAP.....</i>	83
4.5.2.	<i>Paso a paso en la creación del plan de mantenimiento en SAP</i>	85
5.	Conclusiones	93
	Referencias.....	95
	Apéndices	101

Listado de Figuras

FIGURA 1.	FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE CRITICIDAD	30
FIGURA 2.	MATRIZ PARA DETERMINAR EL GRADO CRITICIDAD.....	31
FIGURA 3.	EJEMPLO DE DIAGRAMA DE PARETO	38
FIGURA 4.	MAPA CONCEPTUAL DEL PROYECTO.....	52
FIGURA 5.	MÁQUINA ENFARDADORA	54
FIGURA 6.	FICHA TÉCNICA ENFARDADORA.....	55
FIGURA 7.	MÁQUINA ENVASADORA	56
FIGURA 8.	FICHA TÉCNICA ENVASADORA.....	56
FIGURA 9.	BLOQUES DE DISTRIBUCIÓN DE LA ENFARDADORA Y LA ENVASADORA.....	58
FIGURA 10.	SISTEMA DE SELLADO HORIZONTAL	63
FIGURA 11.	SISTEMA DE ARRASTRE	64
FIGURA 12.	MOTOR DE TRACCIÓN.....	65
FIGURA 13.	DOSIFICADOR	65
FIGURA 14.	CINTA TRASPORTADORA	66
FIGURA 15.	CILINDROS NEUMÁTICOS.....	67
FIGURA 16.	SISTEMAS ELÉCTRICOS	67
FIGURA 17.	SISTEMA DE SELLADO VERTICAL	68
FIGURA 18.	BLOQUEADOR	69
FIGURA 19.	DISPOSICIÓN DE BLOQUES MECÁNICOS ANALIZADOS POR CRITICIDAD.....	70
FIGURA 20.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PARETO.....	74
FIGURA 21.	DIAGRAMA DE PARETO PARA LA ENFARDADORA	75
FIGURA 22.	DIAGRAMA DE PARETO PARA LA ENVASADORA	75
FIGURA 23.	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN SAP.....	83
FIGURA 24.	HOJA DE RUTA CON ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	84
FIGURA 25.	CREACIÓN DE LA TRANSACCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	85
FIGURA 26.	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO IP 42.....	85
FIGURA 27.	CÓDIGO DE LA ESTRATEGIA	86

FIGURA 28.	INFORMACIÓN DETALLADA DEL EQUIPO DEL PLAN.....	86
FIGURA 29.	HORIZONTE DE APERTURA	87
FIGURA 30.	BLOQUES MECÁNICOS PARA LA ENVASADORA	88
FIGURA 31.	CREACIÓN DE SUB EQUIPOS	88
FIGURA 32.	ÓRDENES DE SERVICIO.....	89
FIGURA 33.	TRANSACCIÓN IP 24.....	89
FIGURA 34.	NÚMERO DE ORDEN CON FECHAS DE CONTROL	90
FIGURA 35.	ACTIVIDADES SEGÚN NÚMERO DE ORDEN Y HOJA DE RUTA	91
FIGURA 36.	FRECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES	91

Listado de tablas

TABLA 1.	FRECUENCIA DE FALLA	33
TABLA 2.	IMPACTO OPERACIONAL.....	33
TABLA 3.	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL.....	34
TABLA 4.	COSTO DEL MANTENIMIENTO	35
TABLA 5.	IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	35
TABLA 6.	SISTEMAS DE LAS MÁQUINAS EMPAQUETADORAS.....	39
TABLA 7.	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE EMPAQUETADO LÍNEA A.....	48
TABLA 8.	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE EMPAQUETADO LÍNEA B	50
TABLA 9.	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON ACTIVIDADES	78

Introducción

Este trabajo de investigación planteó la creación de un plan de mantenimiento preventivo para el mejoramiento de los procesos de empaquetado de arroz en la empresa Grupo Diana de la planta de la ciudad de Espinal. A partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico, mediante la aplicación de una entrevista y una revisión documental, se identificaron algunas dificultades relacionadas con las actividades de operación y mantenimiento de las máquinas enfardadoras y envasadoras, debido a una incorrecta manipulación de estas.

De igual forma, en dicho diagnóstico se logró determinar que algunos operarios en ocasiones cuando falla alguna de las máquinas realizan actividades de mantenimiento y reparación, las cuales no se hacen de manera correcta y en ocasiones agravan la falla.

Además, y aunque la empresa cuenta con un cronograma de mantenimiento y unos procedimientos de mantenimiento preventivo correctivo y arreglos temporales, éstos no determinan de manera más localizada el mantenimiento se ciertos sectores o bloques mecánicos funcionales de las máquinas. Esto ha traído como consecuencia que los fallos se presenten de manera recurrente.

Teniendo en cuenta este primer diagnóstico surgió la pregunta de investigación ¿En qué medida un plan de mantenimiento preventivo puede mejorar los procesos de empaquetado de arroz en la empresa Grupo Diana? Entendiendo el mantenimiento preventivo como una estrategia de mantenimiento que se realiza con el objetivo de prevenir fallos y averías en el equipo, en lugar de esperar a que la maquinaria falle, el mantenimiento preventivo implica realizar inspecciones, reparaciones y reemplazos regulares en la maquinaria antes de que surjan problemas.

Con base en los hallazgos anteriores, se aplicaron dos metodologías para la identificación cuantificación de los equipos críticos y su implicación en las diferentes fallas que se presentan en las máquinas del proceso de empaquetado del arroz. La primera metodología denominada análisis de criticidad determinó los bloques mecánicos denominados críticos, ya sea por su importancia dentro de la operación o por el impacto que puede tener para la salud y seguridad de los operarios y mecánicos. La segunda metodología denominada análisis de Pareto determinó el 20% de los equipos que provocan el 80% de las fallas.

A partir de la información recolectada en el diagnóstico y con la aplicación del análisis de criticidad y gráfico de Pareto, se pudo construir un plan de mantenimiento preventivo que incluyo todos los bloques mecánicos de la enfardadora y la envasadora, además dentro del plan de mantenimiento preventivo se incluyeron actividades de capacitación, inducción y reinducción del personal que opera las máquinas, así como de los mecánicos de la planta, además de incluir la limpieza y lubricación de piezas, la inspección de componentes para detectar signos de desgaste o daño, el ajuste de piezas que puedan estar desalineadas, la sustitución de piezas desgastadas y la calibración de equipos.

Se espera con este proyecto que a futuro se logre aumentar la disponibilidad operativa de los equipos de la planta, Aumentar la vida útil de las máquinas, reducir los tiempos de inactividad de la producción, reducir los costos del mantenimiento y mejorar la salud y seguridad de los operarios y mecánicos de la planta. Además, el presente trabajo puede ser un punto de partida para que otros departamentos o secciones de la planta Espinal organicen sus planes de mantenimiento con base en la metodología aplicada en

este trabajo y por qué no, otras plantas de la empresa DICORP establezcan dentro del Sistema SAP un plan de mantenimiento preventivo a partir de la metodología aplicada en esta tesis y acorde con sus necesidades

1. Fundamentos De La Investigación

1.1. Planteamiento del Problema

La historia de Diana Corporación inicia en Espinal-Tolima (1964), Fundado como “El Molino Murra” dedicado a la producción y comercialización de arroz, en 1978 se inicia la comercialización de arroz empaquetado, vendiendo a clientes mayoristas en la ciudad de Bogotá. En 2001 esta compañía cambia su nombre con la intención de tener un mayor reconocimiento en el mercado a “Arroz Diana S.A.”. Para el 2005 se incorpora el sistema SAP como plataforma de información de los principales procesos de negocio, aportando agilidad a la operación (Barón, 2019).

Actualmente Diana Corporación S.A.S. es una empresa de consumo masivo dedicada a la elaboración de productos de molinería, reconocida principalmente por su producto estrella, Arroz Diana. Es una organización 100% colombiana, cuenta con más de 50 años de experiencia en el sector agroindustrial, líder en el segmento de alimentos a través de la producción, comercialización y distribución de 5 grandes marcas: Diana, Carolina, Ricapalma, Gustosita y Glacial. Por lo tanto, es de relevante importancia contar con una maquinaria confiable para el proceso de empaquetado del arroz (Barón, 2019).

Cuando por ausencia o mala ejecución de mantenimiento preventivo, los procesos se detienen, la empresa se ve afectada en gran medida, ya que, la parálisis en los procesos de producción, implican pérdidas económicas significativas las cuales generan demoras en el desarrollo de las actividades operacionales de la empresa, en este caso del molino de arroz Diana, ocasionando deliberadamente una menor tasa de rentabilidad debido a la falta de planes de mantenimiento preventivo efectivos, los cuales ayuden a evitar fallas

significativas en las maquinas como sucede en el caso de la línea de empaquetado en el molino grupo Diana.

Existe un caso en particular en el molino son las maquinas empaquetadoras. Estas poseen un promedio de funcionamiento entre 56 a 84 horas semanales dependiendo de la producción, lo cual las hace propensas a que presente un mayor número de averías y perdidas monetarias significativas en la maquinaria a causa de su continuo funcionamiento, no obstante, no existe un plan de mantenimiento preventivo efectivo establecido dentro de la fábrica el cual pueda percibir una falla futura antes de que esta ocurra.

Partiendo de la problemática que se mencionó anteriormente y que compromete la sección de empaquetado, se propone como solución el diseño de un plan de mantenimiento preventivo. Lo que se busca con el diseño de dicho plan de mantenimiento preventivo de la máquina de empaquetado del molino del grupo Diana es disminuir significativamente los tiempos de para en la sección de empaquetado, haciendo más eficiente el proceso.

Se espera que con las posibles mejoras implementadas en el proceso de empaquetado, a partir del diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo, incluya el aumento de disponibilidad de la maquinaria para alcanzar y superar los indicativos de producción exigidos por la empresa y sus clientes, disminuir paradas no programadas en el proceso de empaquetado evitando la perdida de insumos, producto y contratiempos en el proceso de producción, de igual manera se espera disminuir ordenes de trabajo correctivas y costos de reparación aumentando la vida útil de los equipos y maquinaria, conservando la calidad del producto y garantizando el funcionamiento adecuado de la maquinaria desde los aspectos mecánicos, eléctricos y de programación.

1.2. Pregunta de Investigación

¿En qué medida un plan de mantenimiento preventivo puede mejorar los procesos de empaquetado de arroz en la empresa Grupo Diana?

1.3. Justificación

El mantenimiento preventivo es una técnica de mantenimiento que se realiza en equipos y maquinarias antes de que se produzca una falla o avería. El objetivo principal del mantenimiento preventivo es evitar la aparición de fallos en la producción de diversos bienes y servicios, lo que puede generar pérdidas económicas y de tiempo. Además, el mantenimiento preventivo ayuda a mantener el equipo en funcionamiento, evitando cualquier tiempo de inactividad no planificada y los altos costos debidos a fallas imprevistas del equipo.

En este caso, el plan de mantenimiento preventivo se elabora con el fin de mejorar la operatividad de la planta en el área de empaquetado debido a que este puede ocasionar pérdidas significativas para la empresa al presentarse una avería de gran magnitud la cual obligue a forzar la detención repentina del empaquetado por un tiempo indeterminado mucho mayor al previsto. Para el caso particular del molino del grupo Diana, diariamente se empacan 60 mil arrobas de arroz, que equivalen a 750 mil kilogramos empacados. Esto significa que por cada hora que no funciona la empaquetadora, se dejan de empacar 31.250 kilogramos de arroz, siendo un número significativo, sobre todo para el cumplimiento de metas con los compradores y distribuidores.

Aunque en la actualidad existe en el molino del grupo Diana un cronograma de mantenimiento preventivo de equipos críticos, lo que encierra y justifica este trabajo es la

intención de mejorar el proceso de empaquetado haciendo un análisis de las actuales y potenciales fallas que se presentan o pueden presentarse en dicha sección, actuando de manera anticipada a través del plan de mantenimiento preventivo que se propone en este escrito.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Proponer un plan de mantenimiento preventivo basado en el análisis de criticidad y el modelo SAP establecido en el módulo de mantenimiento del proceso productivo del molino de arroz para la línea de empaquetado.

1.4.2. Objetivos Específicos

Analizar la línea de empaquetado, el registro de fallas y de allí identificar los equipos y piezas más críticas que presentan averías durante su funcionamiento y que afectan significativamente el proceso de empaquetado.

Aplicar la metodología de Pareto, con el objeto de determinar cuáles fueron los equipos cuyas fallas repetitivas causaron un mayor impacto en la línea de empaquetado.

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo efectivo para las fallas encontradas en el análisis teniendo en cuenta la criticidad de los sistemas de las máquinas de empaquetado y de sus equipos auxiliares del proceso, empleando el software SAP establecido en la empresa y el ciclo de gestión del mantenimiento preventivo basado en criticidad.

2. Marco Referencial

El sustento teórico de este proyecto se rige bajo dos conceptos principales, que son; mantenimiento preventivo y análisis de criticidad.

2.1. Antecedentes

Para la realización de este proyecto, se tuvieron en cuenta diferentes investigaciones basadas en el mantenimiento preventivo de diferentes tipos de máquinas, encontrando referentes que aportaron elementos importantes, que permitieron hacer comparaciones en la diversidad de procesos y metodologías, así como, en los instrumentos utilizados para la recolección análisis de resultados y conclusiones, las cuales se relacionaron en el presente trabajo de investigación.

El proyecto de investigación realizado por Rodríguez (2023) de la Universidad Santo Tomas denominado “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Hornos y Chillers de la Planta de Producción de la empresa Baena Mora & Cia” contempló la recopilación de información sobre el estado de las máquinas, la implementación de la metodología de análisis de Pareto para reconocer las principales causas de los fallos en la maquinaria en estudio, además, desarrolló y documentó rutinas de mantenimiento con base en información recolectada a partir de los manuales de fabricantes y la experiencia del técnico de mantenimiento de la compañía. El plan de mantenimiento permitió disminuir gradualmente las posibles averías existentes en los equipos, el incremento de los tiempos de operación en las máquinas y la reducción de los costos de operación.

Otra de las investigaciones realizadas a nivel nacional que brinda un aporte significativo al presente trabajo, fue la realizada por Restrepo (2022) de la Fundación

Universitaria de América titulada “Elaboración de un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada de la división de obras públicas de La Dorada Caldas”. En dicha investigación el autor enfoca el plan de mantenimiento hacia la prevención de fallas de la maquinaria, optimización de equipos y maquinaria y a su vez la elaboración de los formatos pertinentes. Se desarrolló la caracterización de los activos y se diagnosticaron las condiciones actuales del mantenimiento. Como conclusión principal, el investigador determina que mediante el plan de mantenimiento se podrá identificar las necesidades y prioridades de ajustes, reparaciones o mantenimientos que permitan aumentar el nivel de productividad y eficiencia de la empresa.

En la Universidad de Antioquia se llevó a cabo el proyecto de investigación titulado “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la Confiabilidad (RCM) en máquinas en el proceso de hilandería open end en la empresa Fabricato”. Este trabajo elaborado por Parra (2022) propuso la implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad por horas de trabajo máquina en la línea de producción hilandería open end o hilandería por rotor partiendo de tres procesos de producción diferentes (hilos 100% algodón, hilos recuperados, hilos mezclados) garantizando la disminución de los paros mecánicos. Para llevar a cabo esta propuesta se estudió el manual de servicio el cual contiene las diferentes actividades de mantenimiento y lubricación según la frecuencia y el tipo de máquina, además, se realizaron las listas de chequeo por máquina según el modelo basado en los manuales de servicio especificando las actividades mecánicas, eléctricas y de lubricación para garantizar el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad de la máquina.

En el ámbito nacional se encontró la tesis de pregrado elaborada por Nagles y Urbano (2021) titulada “Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la empresa ingeniería MyM”. Dentro de los resultados más relevantes que encontraron los autores está que un plan de mantenimiento es muy importante en una compañía, ya que, éste puede dar certeza del estado de cada máquina en cuanto a funcionalidad y disponibilidad, para poder cumplir con los tiempos de entrega del producto final, sin incurrir en gastos prematuros o innecesarios de reparaciones en los equipos, por efecto de una mala gestión en los procesos de mantenimiento. Por otra parte, los autores hacen hincapié en la importancia del análisis de criticidad, así como del registro de las actividades de mantenimiento programadas y no programadas, ya que, esto es crucial para alimentar la base de datos y poder llevar los indicadores de mantenimiento (mantenibilidad, fiabilidad y disponibilidad), los cuales son valiosos para llevar una buena planeación y cumplimiento de objetivos dentro de la compañía.

Otro trabajo de ámbito nacional fue elaborado por Rodríguez y Morelo (2021) de la Universidad Libre. Los autores centraron el proceso investigativo hacia el “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos y maquinaria de la empresa Vidrios y Cristales Templados S.A.S” basado en la prevención de fallas que puedan representar riesgos tanto al personal operativo, como a los objetivos corporativos trazados por la empresa, además aplicaron la norma ISO 45001 para determinar los riesgos a que están o pueden estar expuestos los trabajadores durante la operación y mantenimiento de la máquinas. Como resultado principal, los investigadores diseñaron una serie de tácticas preventivas para garantizar la disponibilidad de los equipos, evitando fallas críticas y ajustando las frecuencias y rutinas de inspección en los tipos de mantenimiento que se

requieran y además, elaboraron una clasificación taxonómica de la maquinaria y los equipos con los que cuenta la Empresa VCT S.A.S, específicamente, en la planta ubicada en Tenjo, realizando una jerarquización de los más importantes: incluyendo sistemas, subsistemas, equipos y componentes.

En el ámbito regional se encontró la tesis de pregrado titulada “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Metodología 5qs para los Equipos y Maquinaria de la Planta de Trituración Esgamo S.A.S”. Este trabajo desarrollado en la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué tuvo como objetivo identificar y prevenir posibles fallas, y de esta manera reducir el número de paradas y los tiempos de las mismas, aplicando una técnica de mantenimiento preventivo llamado sistema L.E.M (Lubricación, eléctrico y mecánica), dicha técnica fue previamente estudiada y acordada junto con el equipo de mantenimiento, operadores y auxiliares que diariamente están evaluando el funcionamiento de las máquinas y equipos. Como uno de los principales resultados obtenidos, Gonzales y Andrade (2021) mencionan que “en el plan de mantenimiento se propusieron y definieron actividades preventivas basadas en la metodología LEM y se diseñaron los formatos necesarios aplicándolos a una base de datos Excel y de esta forma facilitando la planeación y programación del plan preventivo de mantenimiento propuesto” (p. 23).

Otro de los trabajos en el ámbito regional, fue el desarrollado por Gordillo (2019) de la Universidad de Ibagué y denominado “Estructuración de un modelo de gestión del mantenimiento preventivo aplicable a la industria de molinería de arroz en el Dpto. del Tolima, Molino DICORP”. Para tal fin el autor efectuó un diagnóstico de la situación del mantenimiento en la planta del molino de arroz DICORP que tuvo en cuenta aspectos

como: organización, costos, planeación, programación, medición y control e indicadores. También se elaboró una propuesta del ciclo de gestión del mantenimiento preventivo basada en análisis de criticidad, análisis de puntos débiles en equipos críticos e indicadores de confiabilidad y mantenibilidad, la propuesta también incluyó las necesidades de capacitación y entrenamiento que respondan a las demandas del mantenimiento. Se llegó a la conclusión que por el alto nivel productivo que tiene el Molino de Arroz Diana – Espinal, los equipos deben mantenerse a la altura de dicho nivel, para evitar en lo posible una parada de producción, que además de costos adicionales, trae consigo la pérdida del nivel de producción. En otras palabras, se deben priorizar el plan de mantenimiento para prevenir posibles daños en los equipos de producción.

2.2. Marco teórico

El concepto de mantenimiento nace desde el momento mismo de la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, a mediados del siglo XVIII en la era de la industrialización, inclusive desde cuando el hombre forma parte de la energía de dichos equipos.

La característica principal del mantenimiento es garantizar que los equipos cumplan las funciones para los cuales son diseñados, o restaurarlos a un estado donde realicen dicha función, implementando una combinación de acciones encaminadas a preservar el buen estado de estos a través del tiempo (Herrera y Chaparro, 2022).

El mantenimiento es el conjunto de actividades que mantiene un dispositivo, sistema o instalación en condiciones de funcionamiento para que pueda realizar las funciones diseñadas y asignadas y pueda restaurar su condición en caso de pérdida (Herrera y Chaparro, 2022).

En concordancia con lo anterior, es necesario realizar un mantenimiento preventivo para el óptimo y perfecto funcionamiento de la máquina. La inobservancia de este procedimiento puede provocar el deterioro de la máquina, desalineación, ruido desagradable, daños a las piezas, paros no programados y/o lesiones graves al operador o la destrucción total o parcial de la máquina (Casachagua, 2017).

2.2.1. Mantenimiento preventivo

En DICORP se entiende el mantenimiento preventivo como la planificación y desarrollo de revisiones periódicas, pruebas, reparaciones parciales y reposición de repuestos y partes de los equipos, con suficiente anticipación, con base en inspecciones físicas debidamente establecidas según la naturaleza de cada equipo y la fecha de adquisición, encaminadas a descubrir y prevenir posibles daños y funcionamientos defectuosos que puedan originar paradas imprevistas de los equipos, deficiencia en su funcionamiento o daños más graves que afecten la vida útil de los mismos y la producción (Programa de Mantenimiento, 2021).

Como puede entenderse, son intervenciones que se realizan a intervalos regulares para modificar o reparar componentes antes de que fallen. Estas frecuencias generalmente las establece el fabricante según las horas de operación y las condiciones de operación en las que se encuentra la máquina. Estas intervenciones preventivas incluyen una serie de actividades planificadas y sistemáticas realizadas en equipos o sistemas para prevenir fallas y reducir la probabilidad de problemas futuros. En otras palabras, el objetivo principal del mantenimiento preventivo es maximizar la vida útil del equipo, garantizando la eficiencia operativa (Herrera y Chaparro, 2022).

El mantenimiento preventivo se realiza periódicamente y se centra en la inspección, el ajuste, la lubricación y el reemplazo del equipo necesario antes de que ocurra una falla. El trabajo de mantenimiento preventivo se realiza en función del historial de mantenimiento y el estado de funcionamiento del equipo (Milanés y Flórez, 2020).

El mantenimiento preventivo tiene varios beneficios, entre los que se destacan: reducción del tiempo de inactividad no planificado, mayor disponibilidad de equipos, mejora de la seguridad del personal y reducción de los costos de reparación. Además, el mantenimiento preventivo ayuda a identificar y solucionar problemas antes de que se conviertan en fallas catastróficas, lo que ahorra tiempo y dinero (Milanés y Flórez, 2020).

El mantenimiento preventivo se puede realizar para una amplia variedad de equipos, desde equipos de producción en fábricas hasta vehículos y equipos pesados en obras de construcción. Además, existen diferentes enfoques y métodos para el mantenimiento preventivo, cómo el mantenimiento basado en la condición, el mantenimiento basado en el tiempo y el mantenimiento basado en el uso (Milanés y Flórez, 2020).

En conclusión, el mantenimiento preventivo es una práctica esencial para garantizar la eficiencia operativa, la seguridad y la conservación del equipo, y reducir los costos operativos a largo plazo.

2.2.2. Aspectos para considerar en el mantenimiento preventivo

De acuerdo con San Juan (2015) citado por González, Fajardo y Rincón (2018) y publicado en el portal Cero Grados Celsius (2015) las actividades específicas que se deben

realizar en el mantenimiento preventivo pueden variar dependiendo del tipo de equipo o sistema que se esté manteniendo, pero algunas de las actividades más comunes incluyen:

- Inspección visual: se realiza una revisión detallada de todas las partes del equipo, buscando signos de desgaste, roturas, daños u otras anomalías.
- Lubricación: se aplican lubricantes a las piezas móviles del equipo para reducir la fricción y el desgaste.
- Ajustes: se realizan ajustes a las piezas del equipo para asegurarse de que estén funcionando correctamente y dentro de los parámetros establecidos.
- Reemplazo de piezas: se reemplazan piezas que han llegado al final de su vida útil o que presentan un alto riesgo de falla.
- Limpieza: se limpia el equipo para eliminar la suciedad, el polvo y otros contaminantes que puedan afectar su rendimiento.
- Pruebas de rendimiento: se realizan pruebas para asegurarse de que el equipo esté funcionando dentro de los parámetros establecidos y para detectar posibles problemas.
- Calibración: se realiza una calibración de las herramientas y equipos de medición para asegurarse de que estén funcionando correctamente.

2.3. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una técnica utilizada en ingeniería y gestión de activos para evaluar la trascendencia e importancia de componentes y sistemas dentro de un sistema complejo. La idea principal detrás del análisis de criticidad es identificar los componentes que son más críticos para el funcionamiento del sistema en general y que requieren atención y gestión específicas.

Un análisis de criticidad evalúa cada componente de un sistema en función de su impacto potencial en las operaciones del sistema y la frecuencia de fallas. Luego, los componentes se clasifican en función de su importancia. Un concepto importante en el análisis de criticidad es la severidad, que se define como la combinación de la probabilidad de falla y el impacto que la falla tiene en la operación del sistema. Es así como, se identifican y priorizan los componentes críticos a la hora de gestionar y mantener el sistema (Prat, 2014).

Así pues, la mejora de la fiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: fiabilidad del proceso, fiabilidad humana, fiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos (Prat, 2014).

Hay varias metodologías diferentes para realizar un análisis de criticidad, pero en general, el proceso implica los siguientes pasos:

- Identificar todos los componentes del sistema y su función.
- Evaluar la probabilidad de falla de cada componente y el impacto potencial de esa falla en el sistema en su conjunto.
- Clasificar los componentes según su criticidad.
- Desarrollar estrategias de gestión y mantenimiento para los componentes críticos.

La ecuación matemática para valorar la criticidad se muestra en la siguiente gráfica:

Figura 1.

Fórmula para el cálculo de criticidad



CTR = FF X C

CTR = Criticidad Total por Riesgo
FF = Frecuencia de Fallos (fallos/año)
C = Consecuencias de los eventos de fallos

$C = (IO \times FO) + CM + SHA$

IO = Factor de impacto en la producción
FO = Factor de flexibilidad operacional
CM = Factor de costos de mantenimiento
SHA = Factor de impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente

El Impacto operacional representa la unión de un equipo especial con uno o más equipos del sistema, la flexibilidad operacional representa el promedio de tiempo que toma arreglar la falla, el costo de mantenimiento evalúa el costo de las fallas, el Impacto en la seguridad personal y el medio ambiente se considera la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a seres humanos y al medio ambiente producto de un acontecimiento de un fallo. Para la ponderación total se otorga un valor numérico a cada parámetro subjetivo en función de un conjunto de criterios, por consiguiente, a cada equipo analizado le corresponde un valor para cada parámetro y una ponderación total para consecuencia (Cruz, 2011 citado por Benavides, 2022).

Con base en lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad (IO)
- Ambiente (IMA)
- Producción (IS)
- Costos (operacionales y de mantenimiento) (CM)
- Tiempo promedio para reparar (FO)

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla, como se muestra en la figura 2.

Figura 2.

Matriz para determinar el grado criticidad

F R E C U E N C I A	4	MC	MC	C	C	C	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>No crítico</td> <td style="background-color: #90EE90;"></td> </tr> <tr> <td>Medio crítico</td> <td style="background-color: #FFFF00;"></td> </tr> <tr> <td>Crítico</td> <td style="background-color: #FF0000;"></td> </tr> </tbody> </table>	No crítico		Medio crítico		Crítico	
	No crítico												
	Medio crítico												
	Crítico												
3	MC	MC	MC	C	C								
2	NC	NC	MC	C	C								
1	NC	NC	NC	MC	C								
		10	20	30	40	50							
		CONSECUENCIA											

Tomado de: <https://www.youtube.com/watch?v=t5samUYg9MM>

Como lo afirma Sánchez (2014) la información recolectada en un estudio de criticidad puede ser usada para:

- Priorizar órdenes de trabajo de producción y mantenimiento.
- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.
- Definir necesidades de Mantenimiento Basado en Condición.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.

Sánchez (2014) determina que los pasos para la aplicación del Análisis de Criticidad son:

- Identificación de los equipos a estudiar.
- Definición del alcance y objetivo del estudio.
- Selección del personal a entrevistar.
- Informar al personal sobre la importancia del estudio.
- Recolección y verificación de datos.
- Establecimiento de la lista jerarquizada de los equipos.

A continuación, se presentan cada uno de los factores involucrados y cómo es posible convertirlos en cifras para obtener una medida base para ser evaluada o trasladada a una matriz de criticidad.

2.3.1. Frecuencia de fallas.

Como su nombre lo indica es el número de veces que se repite un evento considerado como falla dentro de un período de tiempo, que para nuestro caso será de un año.

Tabla 1.

Frecuencia de falla

FRECUENCIA DE FALLA	VALOR
ALTA más de 2 fallas por año	CUATRO (4)
PROMEDIO Entre 1 y 2 fallas por año	TRES (3)
BAJA De 0,5 a 1 Falla al año	DOS (2)
EXCELENTE: Menos de 0,5 fallas al año	UNO (1)
¿Qué tan frecuentes son las fallas ocurridas?	

2.3.2. Impacto Operacional.

Entendiéndose como los efectos causados en la producción, evaluándolo de la siguiente forma:

Tabla 2.

Impacto Operacional

IMPACTO OPERACIONAL	VALOR
Pérdidas de producción superiores al 75%	DIEZ (10)

Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%	SIETE (7)
Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%	CINCO (5)
Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%	TRES (3)
Pérdidas de producción inferiores al 10%	UNO (1)

2.3.3. *Flexibilidad Operacional.*

Definida como la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables.

Tabla 3.

Flexibilidad Operacional

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	VALOR
No existe opción de producción o respaldo	CUATRO (4)
Existe opción de respaldo compartido	DOS (2)
Existe opción de respaldo	UNO (1)

2.3.4. Costo del mantenimiento.

Tomando todos los costos que implica la labor de mantenimiento, dejando por fuera los costos inherentes a los costos de producción sufridos por la falla.

Tabla 4.

Costo del mantenimiento

COSTO DEL MANTENIMIENTO	VALOR
Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 10.000 dólares	DOS (2)
Costos de reparación, materiales y mano de obra menores a 10.000 dólares	UNO (1)

2.3.5. Impacto de seguridad y Medio ambiente

Enfocado a evaluar los posibles inconvenientes que puede causar sobre las personas o el medio ambiente.

Tabla 5.

Impacto de seguridad y medio ambiente

IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	VALOR
Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que	OCHO (8)

excede los límites permitidos.	
Riesgo medio de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental de difícil restauración.	SEIS (6)
Riesgo mínimo de pérdida de vida y afectación a la salud del personal (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (recuperable).	TRES (3)
No existe Riesgo de pérdida de vida, afectación a la salud del personal ni daños ambientales.	UNO (1)

A partir de las cifras que obtenidas y aplicando las ecuaciones arriba descritas, se procede a evaluar los resultados después de introducidos en una la matriz de riesgo, como se muestra en la figura. Como se observa, es una matriz sencilla que seguidamente muestra el grado de criticidad en que se encuentra el activo evaluado. Es importante mencionar que todas las cifras y rangos planteados deben tomarse como base y no como modelo a ojo cerrado, pues existen procesos productivos o activos analizados que salen de éstos. Es de anotar que para realizar estos cálculos se debe primero contar con información histórica confiable, así como, un registro contable acertado y un conocimiento de planta y de procesos muy bien sustentado, de no ser así se podría incurrir en errores de grandes proporciones (Sánchez, 2014).

En resumen, al hacer el análisis de criticidad se determinan los equipos que de manera directa pueden afectar la salud y seguridad en el trabajo, la producción de la planta y el patrimonio de la empresa, además, con la información y resultados obtenidos es

posible determinar las estrategias que se operativizan en el plan de mantenimiento preventivo.

2.4. El principio de Pareto

El Principio de Pareto, también conocido como la "regla del 80/20", es una teoría económica y social según la cual el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas. Esta ley fue desarrollada por el economista italiano Vilfredo Pareto, quien señaló que, en la sociedad italiana de la época alrededor del 80% de la tierra era propiedad del 20% de la población. Este principio se aplica a muchas disciplinas, incluidas la economía, la administración de empresas, la informática y la vida cotidiana (Ramos, 2014). Según este principio se esperaría que el 80% de las fallas de la máquina empaquetadora provengan del 20% de los aparatos, equipos o sistemas que conforman dicha la máquina.

Es importante aclarar que el principio de Pareto no siempre es una regla exacta y que los porcentajes pueden variar en función de la situación. Sin embargo, esta teoría es una herramienta muy útil para ayudar a identificar las causas más importantes de un problema y priorizar los recursos en consecuencia. El principio de Pareto es una herramienta útil para la toma de decisiones y la gestión de recursos, ya que, a partir de los hallazgos identificados se puede concentrar las acciones y los recursos para maximizar el impacto y mejorar la eficiencia y la eficiencia.

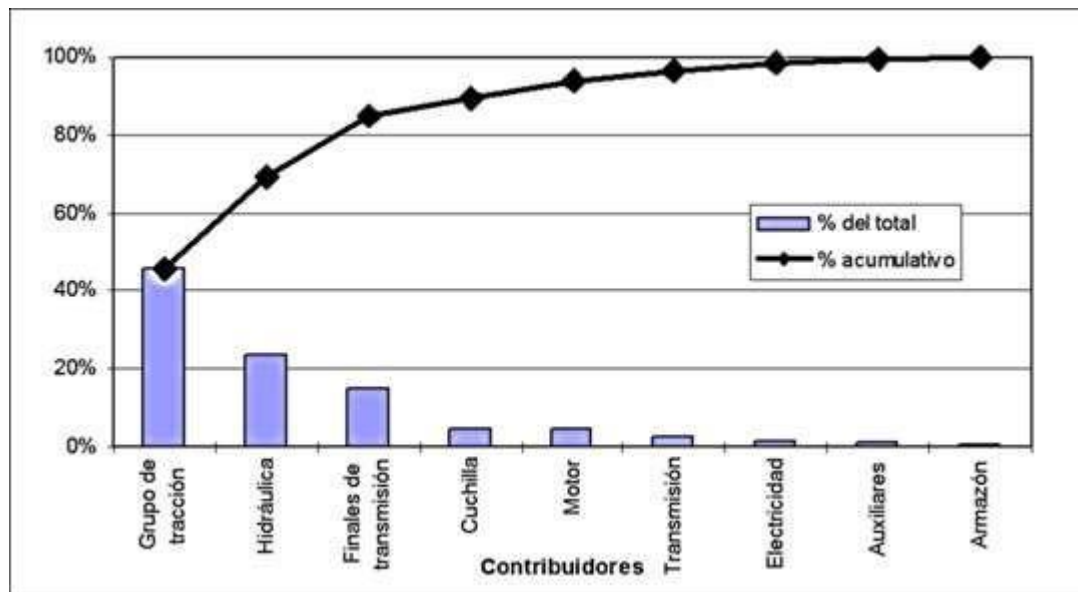
2.4.1. Diagrama de Pareto

Un diagrama, o gráfico de Pareto, es un tipo de técnica que ayuda a clasificar gráficamente la información recopilada de mayor a menor impacto. Esto con el fin de

poder analizar y reconocer los problemas más relevantes en los que te hay que enfocarse, para poder solucionarlos. El diagrama se basa en el principio de Pareto (como se mencionó antes) establece la regla del 80/20, donde el 80% de las consecuencias provienen de un 20% de causas (el origen). Consecuentemente si resolvemos el 20% de las causas de variación, estaremos eliminando el 80% de la variación existente en ese proceso. A este diagrama también se le conoce como la curva de distribución ABC (Prat, 2014).

Figura 3.

Ejemplo de Diagrama de Pareto



Tomado de: <https://predictiva21.com/diagrama-pareto/>

2.5. Las máquinas empaquetadoras

Las maquinas empaquetadoras han sido un avance tecnológico importante en la industria desde su invención y consolidación en las líneas de producción, todo esto gracias a que los aportes presentados por éstas han conllevado a grandes ganancias debido a la baja tasa de pérdidas generadas en el empaquetamiento, aumentando los índices de una alta producción y distribución

con parámetros de higiene adecuados tanto en el tratamiento de los alimentos como en su almacenamiento (Reyes, 2009).

Debido a la gran variedad de productos alimenticios que existen en el mercado la necesidad por consérvalos, el constante incremento de la oferta, la demanda y la necesidad de hacerlos llegar rápido, el hombre ha tenido la obligación de diseñar, desarrollar y fabricar diferentes tipos de máquinas empaquetadoras con gran capacidad de producción, de empaque y distribución de acuerdo con el producto, a la industria en la que se va a utilizar y a las normas estándares que regulan el empaque de alimentos (Reyes, 2009).

La máquina empacadora está compuesta por una serie de mecanismos que regulan el movimiento de las partes y la manera en que la bolsa llega al punto de empaque, estos mecanismos son compuestos por partes mecánicas que realizan la función deseada. Existen varias soluciones para poder realizar estas actividades y con la síntesis de mecanismos se pretende encontrar al menos una solución que sea factible para el caso en estudio.

A continuación, se describen los sistemas más comúnmente conocidos en las máquinas empaquetadoras:

Tabla 6.

Sistemas de las máquinas empaquetadoras

SISTEMAS COMUNES EN LAS MAQUINAS EMPAQUETADORAS	
TIPOS DE SISTEMAS Y PIEZAS	FUNCION
Sistema de orientación y posición.	Asegurar que las bolsas entren en la orientación deseada, que sólo entre una bolsa a la vez y que, al llegar la bolsa, lo haga en la posición requerida. La orientación deseada para la bolsa se logra usualmente utilizando unas paredes con ángulos que

	<p>van acomodando la bolsa de modo que ella sólo pueda pasar de una sola forma y sólo pueda pasar una bolsa a la vez.</p>
Sistema de arrastre y freno.	<p>El empaque se arrastra usando 2 bandas que hacen presión sobre él. Las bandas giran gracias a 2 motores conectados respectivamente en uno de sus ejes y cuando giran, arrastran consigo el empaque. Los motores se detienen durante el proceso de sellado y corte para evitar que el empaque se mueva o resbale debido al peso contenido y consecuentemente evitar hacer daños al empaque.</p>
Sistema de sellado y corte	<p>Usualmente consiste en dos piezas móviles conectadas a dos actuadores neumáticos. El actuador realiza una fuerza contra el empaque cada que se necesiten las operaciones de corte, sellado y refrigeración.</p>
Resistencia	<p>Se encuentra en la primera pieza móvil que es accionada por el primer actuador. Se usan dos resistencias (una debajo de la cuchilla y otra encima) para sellar la parte superior del empaque terminado y la parte inferior del empaque que sigue.</p>
Refrigeración	<p>También se encuentra en la primera pieza móvil. Usualmente consiste en surcos por donde pasa aire a presión. Su función es reducir la temperatura del empaque después del sellado para impedir que el plástico se deforme posteriormente.</p>
Cuchilla	<p>Se encuentra en la segunda pieza móvil. Después de estar la bolsa sellada, el segundo actuador sale de modo que la cuchilla atraviese y corte el empaque.</p>

<p>Sistema de tensión y formado de película.</p>	<p>La bobina se sitúa en un rodillo para poder ser desenrollada. Además, se utiliza una serie de rodillos entre la bobina y el doblador cuya función es mantener la tensión en la película del empaque. Estos rodillos también evitan que la bobina continúe girando al arrastrar el empaque y absorben energía cada vez que el motor arranca. El formador le da la forma de tubo a la película para luego introducir las bolsas.</p>
<p>Sistema electrónico de control y potencia.</p>	<p>Las señales de los motores, las electroválvulas y los sensores son monitoreados y controlados por medio de un PLC. Además, se necesitan fuentes de alimentación para el PLC (24V) y para los motores (220V) (en caso de que no exista toma a 220V).</p>

La secuencia de la maquina empacadora está definida por un proceso, primero las mordazas halan la bolsa, luego el sensor óptico determina donde debe parar, esa orden es entregada al embrague para que separe el movimiento de las mordazas del movimiento del motor y detenga las mordazas, simultáneamente el freno mecánico hace contacto con el propósito de detener el rollo de bolsa, luego el accionador vertical sella la bolsa a lo largo de ella, después el accionar horizontal sella la bolsa en la parte inferior, una vez sellada la bolsa, el disco de los pocillos gira para depositar la porción de un pocillo en la bolsa sellada, posteriormente el embrague hace de nuevo contacto con el motor para poner en marcha las mordazas y de esta forma desplazar la bolsa, ese momento la bolsa es tensionada y esto obliga a los brazos tensores a girar a un determinado ángulo y de esta forma retira el freno. La bolsa se desplaza hasta que el sensor óptico la detiene, cuando se

detiene de nuevo el sistema, el accionador horizontal sella la bolsa por la parte superior y simultáneamente la separa de la bolsa que está arriba de ella (Nivia, 2017).

No obstante, las maquinas empaquetadoras solo son flexibles a dos cambios de productos con similares características, lo cual corresponde al tamaño de los fardos con similares dimensiones. Generalmente depende del acomodador que existe en la parte superior de la máquina [5]. Por ende, es necesario el incremento de la eficiencia en las líneas de empaquetado, generado por la planeación y disminución de los cambios de formato en las máquinas envasadoras (Montoya, 2010).

2.6. SAP

SAP es un sistema integrado de planificación de recursos empresariales (ERP) que ayuda a las empresas a gestionar sus operaciones de manera efectiva. Puede ser utilizado por empresas de todos los tamaños y en diferentes industrias para mejorar la eficiencia, la productividad y la toma de decisiones (Laverde y Rodríguez, 2021). SAP ofrece una serie de beneficios clave para las organizaciones tale como:

- **Automatización de procesos:** Reduce la carga de trabajo manual al automatizar tareas repetitivas y optimizar los flujos de trabajo.
- **Visibilidad y control:** Proporciona una visión integral de las operaciones empresariales, lo que permite tomar decisiones más informadas y basadas en datos.
- **Eficiencia y productividad:** Optimiza los procesos de negocio, lo que conduce a una mayor eficiencia y productividad en toda la organización.

- Mejora de la colaboración: Facilita la comunicación y la colaboración entre los departamentos y equipos, fomentando una cultura empresarial más integrada.
- Gestión de datos centralizada: Almacena y gestiona todos los datos de la empresa en un solo lugar, lo que permite un acceso más rápido y una mejor integridad de los datos.

2.6.1. Módulos SAP

Como lo mencionan (Laverde y Rodríguez, 2021) SAP está dividido en diferentes módulos y cada uno de estos funciona en las diferentes áreas que debe tener una empresa. Tales como: módulo SD para comercial (logística), MM (gestión de materiales) para compras y tiendas, el módulo CRM para la gestión de relaciones con el cliente, Módulo PM para mantenimiento de planta.

Ampliando un poco más cada módulo tenemos que:

- Finanzas y Contabilidad (FI/CO): Gestiona las operaciones financieras, incluyendo la contabilidad general, cuentas por pagar y por cobrar, tesorería, etc.
- Gestión de Recursos Humanos (HR): Administra los aspectos relacionados con la gestión del personal, como nómina, reclutamiento, desarrollo de talento y gestión del desempeño.
- Gestión de Materiales (MM): Controla los procesos de adquisición y gestión de inventario, incluyendo compras, recepción de mercancías, planificación de necesidades de materiales, etc.

- Gestión de la Cadena de Suministro (SCM): Optimiza la planificación y ejecución de la cadena de suministro, incluyendo la gestión de demanda, planificación de producción, logística, etc.
- Mantenimiento de Planta (PM): Este es el módulo al que nos enfocaremos hoy, y está diseñado para administrar y supervisar las operaciones de mantenimiento de activos físicos.

2.6.2. SAP PM

Para entender SAP PM primero se debe definir lo que es un CMMS (Sistema de gestión de mantenimiento computarizado) software que ayuda a medir, controlar y organizar todos los aspectos que van relacionados al mantenimiento facilitando así el control total del área. Según esto, el módulo SAP PM se enfoca en el mantenimiento de la planta, manejando cada uno de los activos, permitiendo así una buena planificación, procesamiento y cierre de procesos. En especial cuando una empresa tiene demasiados equipos es muy útil tener un historial de mantenimiento de las máquinas (Laverde y Rodríguez, 2021). Por lo tanto, el módulo de Mantenimiento de Planta (PM) de SAP es fundamental para garantizar el funcionamiento y disponibilidad óptima de los activos físicos de una organización.

Algunas de las características más importantes del módulo PM pueden ser:

Gestión de órdenes de trabajo: El módulo PM permite la creación y gestión de órdenes de trabajo para el mantenimiento preventivo y correctivo de los activos. Esto incluye la programación de actividades de mantenimiento, asignación de recursos y seguimiento del progreso.

Planificación y programación de mantenimiento: Con el módulo PM, es posible planificar y programar las tareas de mantenimiento de manera eficiente. Se pueden establecer rutinas de mantenimiento preventivo basadas en el tiempo, la producción o las condiciones del activo, lo que ayuda a prevenir fallas y reducir costos.

Gestión de equipos y recursos: El módulo PM permite gestionar los recursos necesarios para el mantenimiento, como equipos, herramientas, repuestos y personal. Esto asegura que los recursos estén disponibles cuando se necesiten y se optimice su utilización.

Gestión de historial de mantenimiento: Se registra y mantiene un historial completo de las actividades de mantenimiento realizadas en los activos. Esto proporciona una visión detallada del mantenimiento realizado, los costos asociados y las estadísticas de disponibilidad y confiabilidad de los activos.

Integración con otros módulos de SAP: El módulo PM se integra con otros módulos de SAP, como el módulo MM para la gestión de repuestos y el módulo FI/CO para el seguimiento de los costos de mantenimiento. Esta integración garantiza una gestión holística de los procesos empresariales relacionados con el mantenimiento (Riesco, 2019).

2.6.3. *PM-PRM Mantenimiento preventivo*

El mantenimiento preventivo es una serie de actividades u operaciones, realizadas con el fin de conservar y evitar fallos en los equipos, estas actividades pueden incluir rutinas de revisión, limpieza, lubricación y/o el cambio de repuestos para así garantizar su buen funcionamiento. Estas actividades normalmente se realizan en base las recomendaciones del proveedor, y la experiencia que tenga el personal de mantenimiento con el equipo (Laverde y Rodríguez, 2021).

Como en todos los módulos de SAP (Cristancho, 2019) existen una serie de datos maestros que se utilizan para la gestión de los mantenimientos. En este caso, los básicos son:

- Ubicaciones técnicas, representan el lugar en el que se realiza una tarea de mantenimiento.
- Equipos, son las máquinas y componentes de los que se quiere realizar el mantenimiento y obtener informes.
- Contadores o puntos de medida, servirán para controlar determinadas magnitudes de los equipos. Por ejemplo, temperatura, kilómetros, horas de trabajo, etc.
- Listas de material, listas de los componentes de un equipo o para la planificación de los materiales de recambio de una hoja de ruta o de la orden.
- Puestos de trabajo, encargados de la realización de las tareas de mantenimiento. Pueden internos o externos. SAP ofrece una diversidad de informes para la mejora de los procesos de mantenimiento, control de gastos, control de tiempos, etc.

Con estos datos maestros es cómo SAP PM permite gestionar la planificación, procesamiento y terminación de tareas para el mantenimiento.

El módulo está encargado de las inspecciones y reparaciones, para esto se realizan planes de mantenimiento de acuerdo con cada equipo; los cuales se deben generar de acuerdo con la historia de la máquina y su catálogo. Todas las tareas relacionadas con el módulo deben ir en comunicación con el área de producción. Lo interesante del módulo es que cuando se debe atender un equipo se genera una especie de aviso o notificación, el

cual va dirigida al técnico encargado de la tarea lo que se convierte en una orden de mantenimiento (Laverde y Rodríguez, 2021).

3. Diseño Metodológico

El presente trabajo está centrado en el área de la electroneumática debido a que el proceso incorpora una combinación tanto de la parte de electricidad como de aire comprimido.

3.1. Tipo de estudio

El presente trabajo se puede considerar cualitativo y cuantitativo; cualitativo porque va desde la recolección de la información, usada para el diagnóstico y elaboración del plan de mantenimiento y cuantitativo porque los datos recolectados, se examinan para un posterior análisis, desde la criticidad hasta el principio de Pareto.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

El presente trabajo estuvo dirigido a todas las máquinas y equipos que conforman la sección de empaquetado de la planta molino del Grupo Diana en Espinal Tolima, compuesta por dos líneas (A y B) tal y como se presenta a continuación:

Tabla 7.

Organización del sistema de empaquetado línea A

SISTEMA DE EMPAQUETADO			
SUBSISTEMA	LINEA A		
1A	Enfardadora 1A Marca: INDUMAK	Envasadora 2A Marca: INDUMAK	

	Modelo: MK 30	tipo:MF5000	
2A	Enfardadora 2A Marca: INDUMAK Modelo: MK 30	Envasadora 3A Marca: INDUMAK tipo:MF1000	Envasadora 4A Marca: INDUMAK tipo:MF1000
3A	Enfardadora 3A Marca: INDUMAK Modelo: MK 30	Envasadora 5A Marca: INDUMAK tipo:MF1000	Envasador 6A Marca: INDUMAK tipo:MF1000
4A	Enfardadora 4A Marca: INDUMAK Modelo: MK 30	Envasadora 7A Marca: INDUMAK tipo:MF1000	Envasador 8A Marca: INDUMAK tipo:MF1000
5ª	Enfardadora 4A Marca: INDUMAK Modelo: MK 30	Envasadora 7A Marca: INDUMAK tipo:MF1000	Envasador 8A Marca: INDUMAK tipo:MF1000

*Tabla 8.**Organización del sistema de empaquetado línea B*

SISTEMA DE EMPAQUETADO			
SUBSISTEMA	LINEA B		
1B	Enfardadora 2B Marca: INDUMAK Modelo: MK 30	Envasadora 3B Marca: INDUMAK tipo:MF1000	Envasadora 4B Marca: INDUMAK tipo:MF1000
2B	Enfardadora 2B Marca: INDUMAK Modelo: MK 30	Envasadora 5B Marca: INDUMAK tipo:MG1000	Envasadora 6B Marca: INDUMAK tipo:MG1000
3B	Enfardadora 3B Marca: INDUMAK Modelo: MK 30	Envasadora 7B Marca: INDUMAK tipo:MF1000	Envasador 8B Marca: INDUMAK tipo:MF1000
4B	Enfardadora 4B Marca: INDUMAK Modelo: MK 30	Envasadora 9B Marca: INDUMAK tipo: DG-04	Envasador 10B Marca: INDUMAK tipo: DG-04

3.2.2. Muestra

Las maquinas seleccionadas de las cuales se recolectó información hacen parte de una línea de empaquetado A y del subsistema 1A, conformado por:

Enfardadora 1A	Envasadora 2A
Marca: INDUMAK	Marca: INDUMAK
Modelo: MK 30	tipo:MF1000

Para la determinación de la muestra se tomó un subsistema, ya que, como se puede apreciar, las máquinas son del mismo fabricante y en su mayoría son de la referencia arriba seleccionada. Por lo tanto, el plan de mantenimiento preventivo que tomó como base el subsistema 1A es aplicable a los demás subsistemas tanto de la línea A como de la línea B.

3.3. Metodología

La organización del diseño metodológico contempló tres etapas: diagnóstico, recolección de información (análisis de criticidad, diagrama de Pareto) y elaboración del Plan de mantenimiento preventivo (figura 4).

Figura 4.*Mapa conceptual del proyecto*

3.3.1. Diagnóstico

En esta primera etapa se utilizaron diferentes fuentes de información e instrumentos para la recolección de datos que pudieran determinar en primera instancia algunas de las falencias que se podían estar presentando en el proceso de empaquetado del arroz. En primera instancia se realizó una entrevista (Anexo C) utilizando el formato de Gordillo (2019) con ciertas adaptaciones según el contexto de la investigación. Además de la entrevista, se aplicó una encuesta (Gordillo, 2019) al jefe de mantenimiento de la planta. Tanto la entrevista como la encuesta tuvieron como propósito determinar los principales

problemas que se han presentado tanto en los equipos como en el proceso de mantenimiento de la sección de empaquetado.

De igual manera, en esta primera etapa se realizó una revisión documental que incluyó el programa de mantenimiento en su cuarta versión del año 2021: los procesos de mantenimiento preventivo, correctivo y de arreglos temporales y las actividades para el mantenimiento de equipos y se realizó una lectura técnica de los manuales del fabricante, así como de la rutina de inspección de la empaquetadora y de la enfardadora

3.3.2. Recolección de información (Descripción y Organización de las máquinas, análisis de criticidad y diagrama de Pareto)

Descripción y Organización de las máquinas

Para el proceso de empaquetado se utilizan envasadora y enfardadoras, organizadas en combos de 2 envasadoras por una enfardadora. La enfardadora tiene como referencia MK – 30 marca INDUMAK lo mismo que la envasadora de referencia MF – 1000 ambas de origen brasilero.

La enfardadora MK-30 es una de las mejores del mercado, su flexibilidad y alto rendimiento aporta una mayor eficiencia productiva. Este equipo produce envases tipo fardo y utiliza tracción de película por correas de arrastre, además de tener control de velocidad variable para la estera rápida. La MK-30 (Anexo A) atiende películas de bobina abierta en ancho de hasta 1200mm y puede formar fardos de diferentes configuraciones. En la planta de arroz Diana se hacen fardos de 25 libras (una arroba).





Figura 5.

Máquina enfardadora



Figura 6.

Ficha técnica enfardadora

Empaque línea A						
Equipo						
N° de Activo	Denominación	Código Anterior	Denominación de Activo en Contabilidad	Denominación de objeto técnico en SAP		
	Envasadora 3A		ENFARDADORA M330-2 REF MF1000-1 MARCA INDUMAK	EMP ENVASADORA 3A MF1000 INDUMAK		
	Código de objeto técnico en SAP					
	10000134					
	Evidencia fotográfica 1			Evidencia fotográfica 2		
						
N° de Activo	Denominación de Activo en Contabilidad			Denominación de Objeto técnico en SAP		
				EMP MOTOR EMBOBINADOR ROLLO ENVASADOR 3A		
	Especificaciones Técnicas					
	Ref. Motor	Ref. Caja	Potencia	Amperaje	Peso	Rpm
	Weg W22	Weg	0,25 Hp	1,14 Amp - 0,86 Amp		
	Código de Objeto Técnico en SAP					
	10000133					
	Evidencia fotográfica 1			Evidencia fotográfica 2		
						

La envasadora de referencia MF – 1000 (Anexo B) fue desarrollada para alcanzar la mayor velocidad, considerando las condiciones ideales del envasado. Está equipada con sistema de traccionamiento del embalaje por medio de cintas de arrastre, posee varios accesorios que ofrecen un alto desempeño, como el des bobinador automático, alineador de película, entre otras opciones. Su diseño se ha orientado en el fácil acceso a las partes de la máquina, facilitando el mantenimiento, la conservación y la limpieza del equipo (INDUMAK, 2020).





Figura 7.

Máquina envasadora



Figura 8.

Ficha técnica envasadora

Empaque Línea A						
Equipo						
N° de Activo	Denominación	Código Anterior	Denominación de Activo en Contabilidad	Denominación de objeto técnico en SAP		
	Envasadora 3A		ENFARDADORA M830-2 REP MF1000-1 MARCA INDUMAR	EMP ENVASADORA 3A MF1000 INDUMAR		
	Código de objeto técnico en SAP 10000134					
	Evidencia fotografica 1			Evidencia fotografica 2		
						
N° de Activo	Denominación de Activo en Contabilidad			Denominación de objeto técnico en SAP		
				EMP MOTOR EMBOBINADOR ROLLO ENFARDADOR 3A		
	Especificaciones Técnicas					
	Ref Motor	Ref Caja	Potencia	Amperaje	Peso	Rpm
	Weg W22	Weg	0,25 Hp	1,14 Amp - 0,66 Amp		
	Código de Objeto Técnico en SAP 10000138					
	Evidencia fotografica 1			Evidencia fotografica 2		
						

Para el presente estudio y como parte del proceso de investigación, las máquinas (enfardadora y envasadora) se dividieron en secciones o bloques que facilitaron y orientaron de manera más confiable los análisis de criticidad y de Pareto, lo mismo que la elaboración e implementación del plan de mantenimiento. Esta agrupación es parte de los aportes de este trabajo, ya que, las máquinas no están subdivididas en el cronograma de mantenimiento y no se contempla el mantenimiento por bloques o secciones, dificultando anticiparse a las posibles fallas.

A continuación, se presentan los diferentes bloques y sus siglas de identificación. Aquí es importante señalar que el análisis de criticidad como el diagrama de Pareto se hizo a partir de cada uno de los bloques en los que se dividió cada máquina.

Figura 9.

Bloques de distribución de la enfardadora y la envasadora

SISTEMA DE EMPAQUETADO		
ENFARDADORA MK - 30 INDUMAK/ENVASADORA MF - 1000 INDUMAK		
No. BLOQUE	NOMBRE DEL BLOQUE	SIGLA
1	Sistema de sellado vertical	TSHV
2	sistema sellado horizontal	MH
3	Sistemas eléctricos	SELECT
4	Sistema de arrastre	TA
5	Bloqueador	BQDR
6	Banda cinta transportadora	BCT
7	Dosificador	DSF

Análisis de Criticidad

Con base en la información anterior, se procedió a realizar el análisis de criticidad.

Para dicho análisis se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Se aplicó el nivel de jerarquía al cual se le hizo el análisis de criticidad.
 - Planta
 - Área
 - Equipo
 - Sistema
 - Elemento
 - Componente

Se puede aplicar a cualquier nivel, cuanto más detallado, mejor. En el presente trabajo se aplicó a Equipo y Sistemas. Siendo el equipo la enfardadora 1A y la envasadora 1A y los sistemas, los diversos bloques en los que se dividió cada una de las máquinas.

- Identificación de equipos a analizar. En este punto como se mencionó anteriormente, se realizó un inventario de los bloques que componen cada equipo, identificándolos con una sigla, de tal manera que se pudieron identificar fácilmente.
- A partir de la identificación, se procedió a cuantificar cada uno de los aspectos que contempla el análisis de criticidad utilizando el método de Sánchez (2014).
- Determinación de equipos críticos. En este punto se aplicaron las ecuaciones respectivas y se procedió a ubicar cada uno de los bloques en el gráfico de criticidad, según el color.

Para el *análisis de Pareto* se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Identificación de los equipos a analizar. Para este aspecto, se tomó la misma nomenclatura de clasificación de equipos desarrollada para el análisis de criticidad.
- Se hizo el cálculo de la cantidad de fallos que tuvo cada sección o bloque de las máquinas durante el año inmediatamente anterior. Es importante aclarar que la empresa no tiene un registro de fallas y los investigadores debieron recurrir a su memoria o bien preguntando a otros mecánicos y al jefe de mantenimiento de la planta, por lo tanto, los resultados son aproximados.
- A los datos obtenidos y organizados se les saca el porcentaje de frecuencia de falla y se calcula el porcentaje acumulado. Este cálculo se hace para verificar si en las máquinas se cumple el principio de Pareto, que establece:

“aproximadamente el 80% de las variaciones que se dan en un proceso, están originadas por el 20% de las causas de variación presentes en dicho proceso” (Prat, 2014., p. 27).

- Luego los datos se organizan en una tabla, se grafican y por último se determina si se cumple el principio de Pareto.

3.3.3. Plan de mantenimiento preventivo

Con base en la información recolectada y analizada por los investigadores, se procedió a realizar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos considerados como críticos. Para dicho objetivo, se creó un formato (Ver anexo D) y se contó con la ayuda del jefe de mantenimiento de la planta, así como de otros mecánicos que han participado en la operación y mantenimiento de las máquinas para un correcto diligenciamiento. Es importante aclarar que el plan de mantenimiento preventivo sólo contemplo aquellos bloques que al ser evaluados dieron como resultado crítico o medianamente crítico y además los bloques que a partir de la gráfica de Pareto se consideraron como los responsables de la mayor cantidad de fallas.

4. Resultados y Análisis

Como se mencionó en la metodología, el presente trabajo se organizó en tres fases o momentos: Diagnóstico, Recolección de información y Plan de mantenimiento preventivo.

4.1. Diagnóstico

En cuanto al diagnóstico, se realizó teniendo como referencia la observación directa de los investigadores y el análisis de documentos, así como la encuesta al jefe de mantenimiento (Anexo C). En este punto se encontraron los siguientes hallazgos:

Los operarios en algunas ocasiones cuando falla alguna de las máquinas realizan actividades de mantenimiento y reparación, algunas de las cuales no se hacen de manera correcta y en ocasiones agravan la falla. Además, cuando los operarios realizan dichas intervenciones, no utilizan las herramientas adecuadas y no llevan los procedimientos establecidos por la empresa y por el fabricante de la máquina.

Lo anterior ha conllevado a que las máquinas tengan fallas recurrentes por inadecuados procesos de mantenimiento, además, se pone en riesgo la integridad y la salud de los operarios cuando realizan actividades para las cuales no están capacitados. En este punto, es importante mencionar que muchos de estos operarios no han tenido una inducción apropiada y por consiguiente no conocen hasta donde pueden o no realizar actividades diferentes a la operación de la máquina, conllevando a que se ejecuten actividades de mantenimiento sin el consentimiento o supervisión de los mecánicos de empaquetado de la planta.

También se pudo evidenciar que, aunque la empresa cuenta con un cronograma de mantenimiento y unos procedimientos de mantenimiento preventivo correctivo y arreglos temporales, éstos no determinan de manera más localizada el mantenimiento de ciertos sectores o bloques mecánicos funcionales de las máquinas. Esto ha traído como consecuencia que los fallos se presenten de manera recurrente por daño en partes que se podían revisar a tiempo si existiera un plan de mantenimiento no solo de la máquina en general, sino de las partes mecánicas y electromecánicas que conforman todo el sistema de envasado y enfardado.

4.2. Descripción y organización de las máquinas

Para poder realizar de una manera más conveniente el análisis de criticidad, el Diagrama de Pareto y el plan de mantenimiento preventivo, se organizaron las máquinas en bloques o sectores según su funcionalidad y diseño mecánico (figura 9). De tal manera que cada sección o bloque pudo ser analizada y clasificada según su criticidad.

A continuación, se presenta la distribución de los bloques y su descripción:

MH: *Sistema de sellado horizontal:* Tiene una función que se implementa mediante una resistencia de cinta metálica con acciones de pulsos eléctricos que atrapa el mismo plástico para sellar el paquete, utilizando una cuchilla de dientes que cortan el plástico al salir la dosificación empacada (Figura 10).

Figura 10.

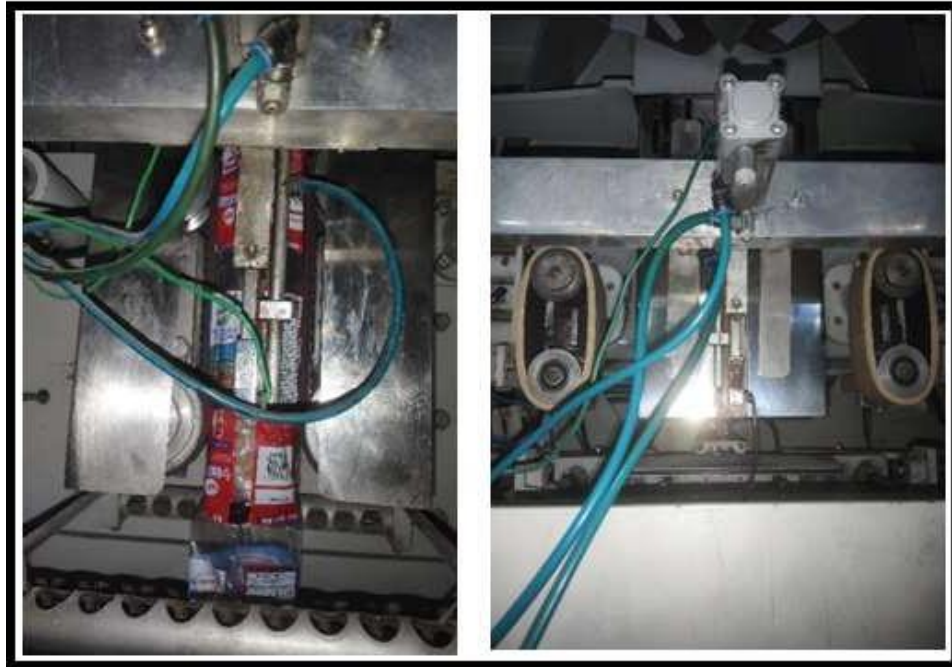
Sistema de sellado Horizontal



TA: *Sistema de arrastre:* El sistema de arrastre (figura 11) funciona mediante dos correas y cuatro poleas que engrana una función radial que asciende verticalmente el plástico formando el paquete para la dosificación. El sistema implementa un motorreductor eléctrico trifásico a 220 V sistematizado con un variador se le implementa pulsos de señales automatizadas que hace que funcione el sistema.

Figura 11.

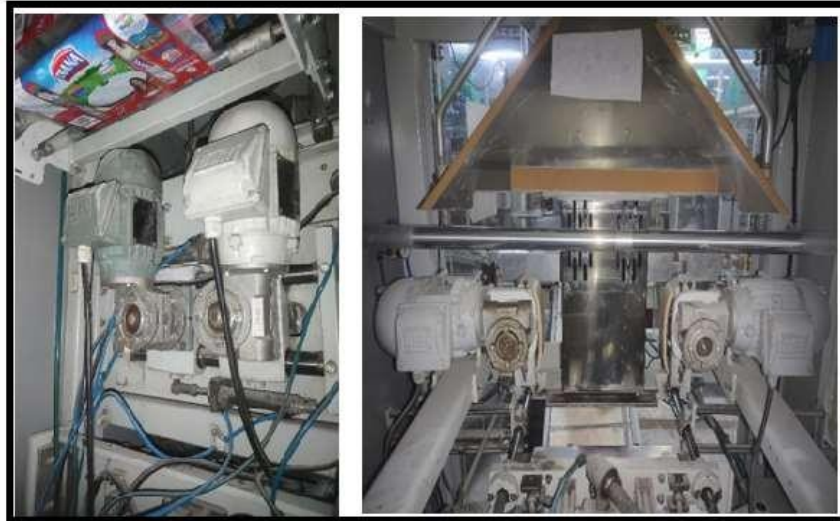
Sistema de arrastre



Como parte importante del sistema de arrastre está el motor de tracción. Este sistema (figura 12) tiene un funcionamiento electromecánico, cumpliendo funciones de traslape del plástico haciendo arrastres por medio de señales automatizadas y siendo regulado por el motorreductor eléctrico trifásico.

Figura 12.

Motor de tracción



DSF: Dosificador: funciona accionando dos cuchillas (figura 13) una desplaza una salida y otra una entrada para dosificar el arroz, de tal manera que los paquetes son llenados con la dosificación establecida para la máquina.

Figura 13.

Dosificador



CBT: *Cinta banda transportadora:* Su función es transportar el producto en paquetes con el peso establecido (figura 14) hasta la intercomunicación donde se encuentra de otras bandas hasta la enfardadora que termina el proceso envasando paquetes de 25 libras o una arroba de peso. La banda también tiene un motorreductor trifásico que regula el tránsito de las bolsas por la cinta evitando represamiento de estas.

Figura 14.

Cinta trasportadora



La banda trasportadora se complementa con los cilindros neumáticos, que por medio de aire comprimido permiten accionar las aperturas de salida y entrada a través de movimientos de piezas mecánicas (figura 15) que desplazan las partes de la maquina y así lograr hacer el paquete.

Figura 15.

Cilindros neumáticos



SELCT: Sistemas eléctricos: la función de los sistemas (figura 16) es intervenir el encuentro de fallas para el producto como levas de tiempos, el des embobinado de lámina y las intercomunicaciones del paquete. También ofrece seguridad, ya que, ayuda a prevenir accidentes operacionales.

Figura 16.

Sistemas eléctricos



TSHV: Sistema de sellado vertical: Este sistema (figura 17) utiliza tensiones de la cinta de la resistencia evitando el contacto de metal con metal para impedir cortos. Los cambios del sensor, así como, el desarme y la mala manipulación operativa de la pieza pueden provocar obstrucción por trabajos mecánicos no adecuados, ocasionando daños como fracturas, desgastes de ajustes y mal armado. El correcto funcionamiento hace que el plástico tenga un sello resistente en el paquete, evitando que salga o se rompa el producto.

Figura 17.

Sistema de sellado vertical



BQDR: Bloqueador: Este sistema (figura 18) tiene componentes de actuadores neumáticos. Para su funcionamiento se necesita el aire comprimido que actúa por señales automatizadas para hacer mover el bloqueador. El sistema funciona por medio de la banda rápida y se comunica por un sensor óptico de espejo teniendo como encuentro la señal de control para el bloqueador haciendo que la maquina organice el movimiento de caída por gravedad para que los paquetes queden organizados correctamente para el enfardado.

Figura 18.

Bloqueador



Como se puede evidenciar, las máquinas se organizaron por bloques funcionales.

En total fueron 7 bloques, para la enfardadora y para la envasadora. Esto permitió un diagnóstico y análisis de fallas mucho más fácil y pertinente, sobre todo para la determinación de equipos críticos y para aplicar el principio de Pareto de las causas.

Cuando las máquinas se organizan por bloques de funcionalidad el diagnóstico de fallas y el mantenimiento preventivo y correctivo es más adecuado, ya que, se hace un control y seguimiento de las partes mecánicas y neumáticas que conforman cada bloque funcional. De igual manera esta organización se puede presentar al operador de la máquina en la inducción o reinducción de su puesto de trabajo, haciendo posible dar alertas tempranas específicas al jefe de mantenimiento y a los mecánicos de la planta.

4.3. Análisis de criticidad

Como se explicó en la metodología, el análisis de criticidad se hizo con base en la distribución de bloques de las máquinas (Enfardadora y Envasadora). Los resultados se presentan a continuación.

Figura 19.

Disposición de bloques mecánicos analizados por criticidad

ANÁLISIS DE CRITICIDAD ENFARDADORA							
CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS	MH	TA	DSF	BCT	SELCT	TSHV	BLQ
FRECUENCIA DE FALLA	4	4	4	4	4	4	4
IMPACTO OPERACIONAL	5	5	5	5	1	5	5
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	4	4	4	1	1	4	4
COSTO DEL MANTENIMIENTO	1	1	1	1	1	1	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	3	6	8	3	8	6	6
CONSECUENCIA	24	27	29	9	10	27	27
CRITICIDAD	C	C	C	MC	MC	C	C

ANÁLISIS DE CRITICIDAD ENVASADORA						
CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS	MH	TA	DSF	BCT	SELCT	TSHV
FRECUENCIA DE FALLA	4	4	4	4	4	4
IMPACTO OPERACIONAL	5	5	5	5	1	5
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	4	4	4	1	1	4
COSTO DEL MANTENIMIENTO	1	1	1	1	1	1
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	3	6	8	3	8	6
CONSECUENCIA	24	27	29	9	10	27
CRITICIDAD	C	C	C	MC	MC	C

De los 7 bloques analizados en la enfardadora se determinó que 2 bloques presentaron una criticidad media, mientras que 5 de los bloques presentaron una alta criticidad o en otras palabras son equipos críticos.

En el caso de envasadora, de los 6 bloques analizados se determinó que 2 bloques presentaron una criticidad media, mientras que 4 de los bloques presentaron una alta criticidad, determinándolos como equipos críticos (figura 19).

Como resultado se pudo establecer que tanto en la enfardadora como en la envasadora los bloques o equipos críticos son los mismos, a excepción del *Bloqueador BLQ* que sólo hace parte de la enfardadora y correspondieron a:

Sistema de arrastre TA

Dosificador DSF

Sistema de sellado vertical TSHV

Sistema de sellado horizontal MH

Bloqueador BLQ (Sólo en la enfardadora)

Como se puede observar en la tabla 19 para el caso del Sistema de arrastre, Dosificador, Sistema de sellado horizontal y vertical, así como el Bloqueador, su alta criticidad estuvo dada por el puntaje que presentaron en el impacto operacional y el impacto de seguridad y medio ambiente, es decir, el daño en estos bloques determina una considerable pérdida en el proceso de empaquetado y a su vez, las actividades de reparación pueden generar daños a la salud e integridad del mecánico y personal de mantenimiento.

En este primer grupo (equipos críticos) es importante señalar que el dosificador presentó un puntaje muy alto en el impacto de seguridad, ya que, las maniobras de operación y mantenimiento requieren trabajo en alturas sin contar con línea de vida ni escaleras de seguridad que minimicen o supriman el riesgo de caída y su consecuente daño al personal que efectúa el mantenimiento o arreglo, según sea el caso, además el personal de mantenimiento no cuenta con el respectivo certificado de trabajo en alturas.

También en este primer grupo de equipos críticos se destaca el sistema de tracción presentó el máximo puntaje dentro del impacto operacional. Esto quiere decir que un fallo de este bloque mecánico determina la para total en el proceso de empaquetado con la consecuente pérdida económica para la empresa. Este resultado se tuvo en cuenta durante el proceso de elaboración del plan de mantenimiento preventivo, de tal manera que en caso de fallo se contará de manera rápida con los insumos, mano de obra y recambio necesarios para que la para no fuera superior al 50 por ciento del tiempo de operación.

Para el caso del segundo grupo conformado por 2 bloques que presentaron criticidad media, siendo los mismos, tanto en la enfiadora como en la envasadora, se determinó agregarlos dentro del plan de mantenimiento preventivo, ya que, dentro del análisis de criticidad se encontró que EL bloques CBT tienen un moderado impacto operacional, sin embargo, si no se hacen los mantenimientos preventivos a este sistema es probable que su impacto operacional sea más alto y por consiguiente se conviertan en un equipo crítico.

También se determinó incluir en el plan de mantenimiento preventivo al bloque SELECT ya que, dentro del análisis de criticidad se encontró que el mencionado bloque tiene un moderado impacto en la seguridad tanto de los operarios como del personal de mantenimiento. En este sentido, aunque no en un equipo crítico, existe una probabilidad de riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que excede los límites permitidos.

Dentro del análisis de criticidad no se encontraron equipos *no críticos*, todos presentaban un medio o alto nivel de criticidad. Esto se debe en gran medida a que cada bloque mecánico determina una función que no puede ser reemplazada u obviada sin que

esto perjudique de alguna manera la operación de empaquetado del arroz. De ahí la importancia significativa del plan de mantenimiento preventivo.

4.4. Diagrama de Pareto

Para realizar el diagrama de Pareto se recopilaron las fallas que tuvieron las máquinas (enfardadora y envasadora) durante el año inmediatamente anterior. Es importante mencionar que en la planta no existe un registro de cada una de las fallas en los equipos, por lo tanto, los datos que a continuación se presentan se obtuvieron de registros personales de los investigadores y de entrevistas con el jefe de mantenimiento y algunos mecánicos. Los números que aparecen en las tablas son aproximados a la realidad.

Se utilizaron los mismos bloques mecánicos en los cuales se dividieron las máquinas para realizar el análisis de criticidad, obteniéndose los resultados que se presentan en la siguiente tabla.

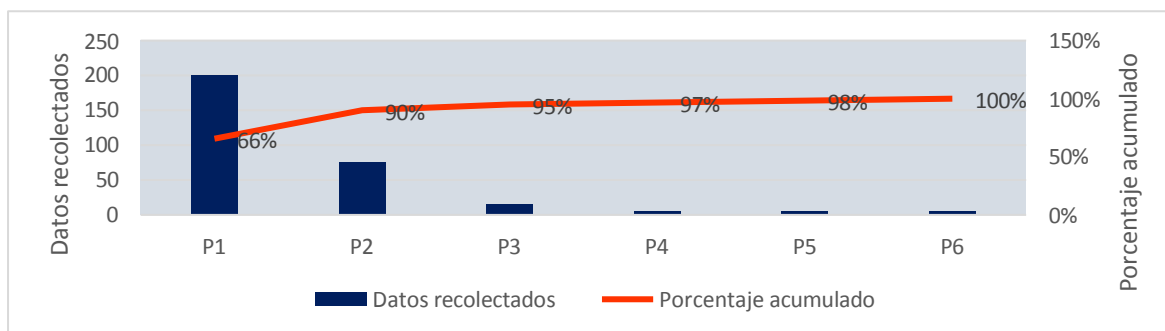
Figura 20.*Resultados del análisis de Pareto*

ENFARDADORA			
BLOQUES	Fallos/año	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Sistema de sellado vertical TSHV	180	64	64
Sistema de sellado horizontal MH	65	23	87
Sistemas eléctricos SELCT	10	4	90
Sistema de arrastre TA	10	4	94
Bloqueador BQDR	8	3	96
Banda cinta transportadora BCT	5	2	98
Dosificador DSF	5	2	100
TOTAL DE FALLOS	283	100	
ENVASADORA			
BLOQUES	Fallos/año	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Sistema de sellado vertical TSHV	200	66	66
Sistema de sellado horizontal MH	75	25	90
Sistema de arrastre TA	15	5	95
Sistemas eléctricos SELCT	5	2	97
Banda cinta transportadora BCT	5	2	98
Dosificador DSF	5	2	100
TOTAL DE FALLOS	305	100	

Como se puede determinar a partir de los datos obtenidos (figura 20) en la enfardadora y en la envasadora, de los 7 bloques en los cuales se dividió la máquina enfardadora, 2 determinan el 87% de las fallas. De manera muy similar ocurre con la envasadora, ya que, de los 6 bloques mecánicos en los que se dividió la máquina, 2 determinan el 90% de las fallas.

Figura 21.

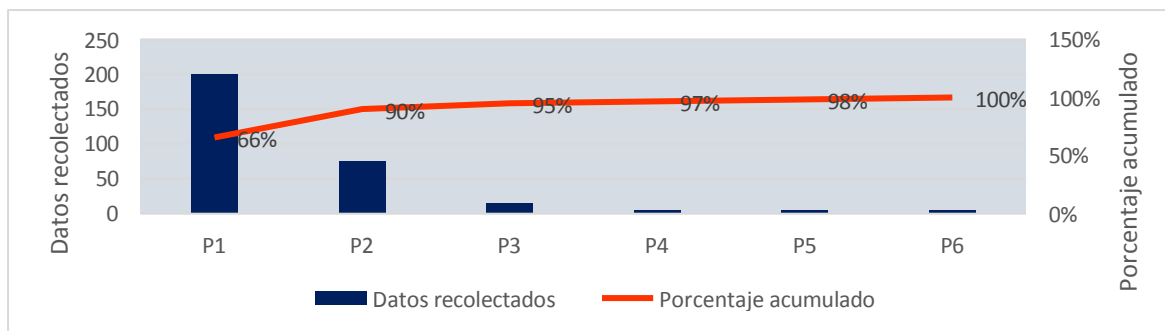
Diagrama de Pareto para la enfardadora



En el diagrama de Pareto para la enfardadora (figura 21) se puede observar de manera más clara como los dos primeros bloques que corresponden a los sistemas de sellado horizontal TSHV y vertical MH, el 28,5% de todos los bloques y el 87% de las fallas, corroborando el principio de Pareto, el cual establece que el 80% de las consecuencias de alguna situación o escenario se obtiene o está motivado por el 20% de las causas. También conocida como ley del 80/20.

Figura 22.

Diagrama de Pareto para la envasadora



De la misma manera, en el diagrama de Pareto para la envasadora (figura 22) se puede observar de manera más clara como los dos primeros bloques que corresponden a los sistemas de sellado horizontal TSHV y vertical MH, representan el 33,3% de todos los

bloques y el 90% de las fallas, corroborando también el principio de Pareto, pero esta vez para la envasadora.

Como se puede analizar con base en la información, dentro del plan de mantenimiento preventivo de la enfardadora y de la envasadora, los bloques que corresponden a los sistemas de sellado horizontal TSHV y vertical MH, deben tener un tratamiento especial de revisión y mantenimiento preventivo, ya que en ellos se presenta más del 80% de las fallas que ocurren al año en la enfardadora y en la envasadora. Aunque no es parte de los objetivos de este trabajo, se puede deducir que estos dos bloques tienen la mayor cantidad de fallos, debido al desgaste operacional y a la dificultad que en algunos casos se presenta para su inspección y mantenimiento, además del desgaste propio de la operación de las máquinas.

4.5. Plan de mantenimiento preventivo

Con base en toda la información recolectada a partir del análisis de criticidad y diagrama de Pareto se procedió a realizar el plan de mantenimiento preventivo (Anexo D). Este plan se apoyó en una planificación que se lleva a cabo en intervalos regulares y específicos. Estos intervalos se basaron según el tiempo u horas de funcionamiento de la máquina, dependiendo del tipo de equipo y su uso.

A continuación, se mencionan las principales actividades que formaron parte del plan de mantenimiento preventivo:

- Inspecciones: Se trata de una inspección visual de los equipos para detectar problemas visibles, como la corrosión, el desgaste de las piezas, la acumulación de

suciedad y otros daños. Estas inspecciones se realizan con frecuencia y son una manera efectiva para detectar problemas temprano. Antes de este plan, no se hacían inspecciones preventivas, sólo se hacían por sospecha de falla.

- **Lubricación:** La lubricación regular de los equipos ayuda a reducir la fricción entre las piezas móviles, lo que a su vez reduce el desgaste y prolonga la vida útil del equipo. La lubricación también ayuda a mantener los equipos funcionando suavemente reduciendo el ruido. Al igual que las inspecciones, antes de este plan no se hacía lubricación preventiva, sólo en caso de detectar un fallo por falta de lubricación.
- **Calibración:** Algunos equipos requieren una calibración regular para mantener su precisión. La calibración implica ajustar los equipos para asegurarse de que los resultados esperados sean precisos. Esta actividad se hace únicamente para los tiempos de interconexión y dosificación, entre las dos envasadoras y la enfardadora.
- **Limpieza:** La limpieza regular de los equipos ayuda a mantenerlos en buen estado de funcionamiento y a reducir la acumulación de suciedad y otros residuos. La limpieza también puede ayudar a prevenir problemas de corrosión y otros daños. Dentro del programa de mantenimiento no están contemplados los tiempos de limpieza de cada máquina y sus partes.
- **Pruebas de funcionamiento:** Las pruebas de funcionamiento son una parte importante del mantenimiento preventivo. Estas pruebas pueden ayudar a detectar problemas que no son visibles durante las inspecciones regulares. Esta actividad

está contemplada en el programa de mantenimiento de la planta, pero se incluye en el presente plan de mantenimiento preventivo.

- Capacitación de los mecánicos y operadores: Es importante que el personal esté capacitado para realizar las actividades de mantenimiento preventivo adecuadamente. La capacitación puede incluir información sobre la identificación de problemas comunes, la realización de inspecciones regulares, la lubricación y el reemplazo de piezas. En resumen, la capacitación en mantenimiento preventivo es esencial para garantizar un funcionamiento eficiente de los equipos, reducir costos, aumentar la vida útil de las máquinas, mejorar la seguridad y evitar fallos y/o accidentes de trabajo.

A continuación, se presenta el plan de mejoramiento preventivo en el formato diseñado para tal fin. En él se consignan todas las actividades que se deben realizar al grupo mecánico de las máquinas, así como la persona responsable y su inclusión en el SAP cuando sea pertinente.

Tabla 9.

Plan de mantenimiento preventivo con actividades.

PLAN DE MANTENIMIENTO ENVASADORA Y ENFARDADORA		
OBJETIVO: Mantener en óptimas condiciones de funcionamiento los equipos que hacen parte de las líneas de empaquetado, evitando fallos no esperados y previniendo posibles afectaciones a la salud y seguridad de los operarios y mecánicos.		
No.	NOMBRE DEL BLOQUE	SIGLA
1	Sistema sellado vertical	TSHV
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO		
INSPECCIÓN		LUBRICACIÓN
Inspeccionar mensual el enrosque de la perilla plástica que asegura el brazo móvil de la selladora vertical de la enfardadora y envasadora, utilizando herramientas de manejo manual Probar las funciones y accionamientos mecánicos y hacer		Realizar mensual las lubricaciones Utilizar la bomba hidráulica de 150MPa, con un tipo de grasa mineral sintético LGHF 3E para anticorrosión a los cojinetes, bujes, guías que sostienen los ejes guía que accionan las mordazas verticales y cojinetes donde se desliza las guías auxiliares del fardo, verificar

ajustes eléctricos y verificar los sistemas neumático para liberar el condensados de las unidades de mantenimiento.		las acciones del sistema para que la operación sea la adecuada en las operaciones automatizadas
CALIBRACIÓN		LIMPIEZA
Verificar mensual y hacer manual las alineaciones de las mordazas verticales, verificando que no queden desalineados los bloques. Terquear tonillos donde llegan las acometidas eléctricas y verificar que no allá posibles fugas de aire comprimido en las mangueras y racores, hacer pruebas y accionamientos en los sistemas eléctrico y verificar que las piezas mecánicas estén operando con su determinada función. Torquear turcas y piezas de las mordazas.		Realizar mensual la limpieza en los tableros eléctricos utilizando un soplete eléctrico marca MAKITA a una aproximación de 80 cm del tablero eléctrico, chequear las unidades de mantenimiento del aire comprimido para liberar los condensados de las unidades de mantenimiento a cada equipo de la maquina envasadora y enfardadora del sistemas neumáticos des purgando cada válvula de apertura manualmente.
No.	NOMBRE DEL BLOQUE	SIGLA
2	Sistema sellado horizontal	MH
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO		
INSPECCIÓN		LUBRICACIÓN
Hacer la verificación mensual en las mordazas horizontales determinado manualmente los cierres y acciones de entrada y salida de la selladora horizontal trasera enfrentándola a la selladora horizontal delantera, identificar si hay roces de la cuchilla de corte con la superficie de la ranura, verificar que la selladora horizontal delantera se encuentre atrás con los mordientes de la mordaza trasera si se evidencia que la selladora no está alineada.		Realizar mensual las inspecciones en los cojinetes que sostiene el eje de la guía que acciona las mordazas horizontales en donde las barras hacen que deslicen la guía de las mesas auxiliar del fardo en la selladora horizontal delantera utilizando grasa mineral sintético LGHF 3E para anticorrosión, e identifique que no haya roces de la cuchilla de corte con las superficies de la ranura en la que ingresa en la selladora horizontal delantera.
CALIBRACIÓN		LIMPIEZA
Realizar el ajuste de las alineaciones con herramientas a mano con llaves inglesas milimétricas con instrumentación métrica el flexómetro alineando las mordazas dándole ajuste a las tuercas para darle un ideal posicionamiento en los bloques de las mordazas horizontales y torquear pieza a pieza.		Hacer mensual las limpiezas de las piezas y organización de los elementos como las mangueras neumáticas cables eléctricos, chequear las unidades de mantenimiento del aire comprimido para liberar los condensados manualmente en las válvulas y de aperturas en los drenajes de condensado.
No.	NOMBRE DEL BLOQUE	SIGLA
3	Sistemas eléctricos	SELECT
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO		
INSPECCIÓN		LUBRICACIÓN

<p>Inspeccionar mensual los sistemas eléctricos tomando a pruebas las señales de mando de la instrumentación del control como las siguientes piezas: relevos omrom de 5 o 6. Realizar conmutaciones manuales para probar si las señales operan con los mandos automatizados, probar los contactos de las bases de los relevos si presentan fallas por mal contactos, hacer ajustes en las borneras y tornillos para identificar la falla de puntos calientes en las líneas y acometidas.</p>		<p>Realizar mensual la inspección utilizando manualmente el alcohol isopropílico industrial o el spray limpiador electrónico CRC 235 cc para aplicarle a los contactos de los pulsadores y mantenerlos fuera de las impresas de la polución como las tarjetas de los PLC y módulos de señal analógica, realizar sopleteo del control eléctrico con un soplete marca makita para dejar una buena estética en el diseño del sistema eléctrico.</p>
CALIBRACIÓN		LIMPIEZA
<p>Realiza mensual las calibraciones manuales en los sensores fotoeléctrico de espejo marca BANNER 24vol DC, realizar las calibraciones del potenciómetro de las aproximaciones de la sensibilidad del producto y hace que las interconexiones sean precisas. hacer las aproximaciones en los sensores inductivos para que los tiempos de las levas metálicas hagan un buen tiempo a los dosificado de traslape en las bolsas.</p>		<p>Realizar mensual las limpiezas con soplete eléctrico marca MAKITA para que la polución y el producto no tengan instrucciones en los componentes de la pieza de la instrumentación eléctrica, realizar sopleteo del control eléctrico. Dejar una buena estética en el diseño del sistema eléctrico y tener eficiencias para las instrumentaciones. Tomar con la pinza amperimétrica evaluando su ausencia de voltaje, consumo de amperaje del equipo.</p>
No.	NOMBRE DEL BLOQUE	SIGLA
4	Sistema de arrastre	TA
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO		
INSPECCIÓN		LUBRICACIÓN
<p>Inspeccionar mensual la verificación de la superficie de la correa de arrastre de cada uno de los traccionadores, con un paño humedecido de alcohol industrial hacer manualmente la función del traccionador de arrastre para ver que la polea gire adecuadamente, hacer la pruebas de funcionamientos y visualizarse el traccionador que tenga una inclinación exacta y que la correa de arrastre no se apoya totalmente en la superficie del tubo fromador.</p>		<p>Realizar mensual las verificaciones de las 4 poleas y correas del traccionador vertical haciendo la lubricando con grasa mineral sintético LGHF 3E para anticorrosión a los cojinetes, bujes, guías que sostienen los ejes a los bujes, hacer la inspección probando los accionamientos de entrada y salina en las piezas mecánicas de la maquina dando un ajuste de precisión que ajusta el adecuado funcionamiento operativo.</p>
CALIBRACIÓN		LIMPIEZA
Realizar mensual las verificaciones		Realizar mensual limpieza con toallas

de los traccionadores que estén inclinados o si la correa de arrastre no se apoyó totalmente en la superficie del tubo formador, teniendo como referencia los tres puntos de apoyo (polea superior, guía central y polea inferior). hacer la inspección si evidencia un desalineamiento del traccionador o que la correa no se apoya totalmente en la superficie del tubo formador, realizar las correcciones de alineamiento de los traccionadores según el instructivo "IN-PD-044 alineamiento de traccionador maquina envasadora y enfardadora.		industriales para que no se identifique contaminación en las superficies de la máquina y sus piezas, luego aplique alcohol isopropílico industrial para descontaminar las impurezas de material de grasa y sopleteo con el equipo del soplete eléctrico marca makita que determina liberando con aire las impurezas de arroz y la polución así adecua que el equipo mantenga en buenas funciones para los accionamientos mecánicos y eléctricos.
No.	NOMBRE DEL BLOQUE	SIGLA
5	Bloqueador	BQDR
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO		
INSPECCIÓN		LUBRICACIÓN
Hacer mensual las verificaciones en los separadores de las guías del bloqueador que estén acordes con el tamaño de la referencia producida en su turno, realizar el apriete de las perillas que ajustan las guías del bloqueador verifique que en las bandas alimentadoras tengan una interconexión rápida que no haya objetos extraños que rompan las poleas de la banda y no tengan una mala comunicación de la interconexión con bloqueador.		Realizar mensual las funciones del bloqueador verificando que no tenga acceso de la lubricación, hacer el cambio y aplicación de la grasa mineral sintético LGHF 3E para anticorrosión a los cojinetes, bujes, guías que sostienen los ejes a los bujes, hacer la inspección probando los accionamientos de entrada y salida en las piezas mecánicas de la maquina dando un ajuste de precisión que ajusta el adecuado funcionamiento que alarga la vida útil.
CALIBRACIÓN		LIMPIEZA
Realizar mensual las calibraciones de los sensores que intercomunican cada vez que el producto pasa por el bloqueador, verifique que el sensor del conteo de bolsas esté ubicado en el bloqueador y se encuentren alineados con el receptor también que el sensor no limite los superiores de Fardo para que la enfardadora esté alineando con su receptor.		Realizar mensual la limpieza general del equipo con la pistola de aire comprimido adjunta a la máquina encuadradora, alcohol isopropílico limpiando las bases de los para que tenga un buen desplazamiento a los tiempos de enfardado. verificar los vástagos
No.	NOMBRE DEL BLOQUE	SIGLA
6	Banda cinta transportadora	BCT
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO		
INSPECCIÓN		LUBRICACIÓN
Inspeccionar mensual las bandas que alimentan las interconexiones de		Realizar mensual las inspecciones de lubricaciones Utilizando la bomba hidráulica de

la enfiadora y envasadora, utilizando herramientas de manejo manual y Probar las funciones y accionamientos eléctricos para el correcto funcionamiento mecánicos, identificar que la interconexión de la banda tenga la función de las paradas para evitar encuentros de productos y así tener el sistema coordinado.		150MPa, con un tipo de grasa mineral sintético LGHF 3E para anticorrosión a los cojinetes, bujes, guías que sostienen los ejes guías de los volantes de las bandas transportadoras acciona.
CALIBRACIÓN		LIMPIEZA
Realizar mensual alineaciones en las bandas transportadoras de las envasadoras y enfiadoras estén centradas, verifique en las bandas alimentadora las interconexiones de salida no hayan objetos extraños como roturas de la lona de las bandas y su frecuencia adecuada en los parámetros del variador para que los motores no pierdan el sistema asíncrono de cada banda.		Realizar mensual las limpiezas con un soplete eléctrico marca makita en los sistemas de las bandas para eliminar las partículas de arroz que se introducen en el medio del volante y la banda, limpiar con alcohol isopropílico las bandas transportadoras para eliminar los grumos y polución en los cojinetes y bujes.
No.	NOMBRE DEL BLOQUE	SIGLA
7	Dosificador	DSF
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO		
INSPECCIÓN		LUBRICACIÓN
Realizar mensual las inspecciones de las cuchillas que apertura las entradas y salidas del dosificador, verifique las operaciones manuales del sistema de las válvulas que apertura las entradas y salidas de aire comprimido, realice las alineaciones de los bloques de madera de 8x12 por ½ pulgada de grueso que se ubican por el medio de las cuchillas haciendo los cierres y salidas adecuadas, verifique que no hayan roturas en las tolvas por desgastes del mismo arroz y sus vibraciones.		Realizar mensual las verificaciones de lubricaciones Utilizando la bomba hidráulica de 150MPa manuales con un poco de grasa mineral sintético LGHF 3E para anticorrosión a los, bujes, guías de los actuadores neumáticos y accionar los sistemas de mando manuales para hacer las aperturas del funcionamiento de las válvulas determinando la entrada y salida de la cuchilla por medio del aire comprimido.
CALIBRACIÓN		LIMPIEZA
Realizar mensual las calibraciones del aire comprimido utilizando manualmente los manómetros de la unidad de mantenimiento ajustando una presión de 60 PSI. verificar las tuercas y tornillos manejando herramientas de mandando ajustes a las tuercas y piezas por la falta de torqueo.		Realizar mensual sopleteando con un soplete eléctrico de marca manita a las bases de la madera y la parte interna del centro de la cuchilla, retirar material de arroz con un cepillo de grata alambreado, limpiar con alcohol isopropílico industrial humedeciendo un toalla industrial sobando la planita que es la cuchilla de apertura del cierre y salida del dosificador.

4.5.1. Creación del Plan de mantenimiento preventivo en el sistema SAP

En esta parte del trabajo se creó el plan de mantenimiento preventivo basado en estrategia basada en meses IP42 en el sistema SAP a partir de los bloques mecánicos establecidos previamente (Figura 23).

Figura 23.

Plan de mantenimiento preventivo en SAP

DICORPSA		ORDEN DE TRABAJO No.	FECHA DE EMISIÓN	GRUPO DIANA	
PLANTA Dicorp Espinal Principal		7694388	17.05.2023		
Página 1					
Aviso No	Fecha Inicio 15.05.2023 Fecha Final 15.05.2023				
Tipo Mto	Orden Mto Preventivo DICORP				
Ubicación técnica	AR-ES-EMPAQ-EMPAQ-01-ENVS-000 ENVASADORAS EMPAQUETADO LINEA A				
Equipo	10000104 EMP ENVASADORA 3A MF1000 INDUMAK Reemplazamiento ZEMAUT Prioridad				
2-980					
Plan mantenimiento No.	4057				
INSP MENS ENVASADORA 3A inspeccionar mensual el empaque de la perla plasticas que asegura el brazo móvil de la selladora vertical de la enfiladora y envasadora, utilizando herramientas de manejo manual Probar las funciones y acci					
Categoría de Clase	CODIGO_BUSQUEDA	Codigo de búsqueda Equipos		002	
Categoría de Clase	FICHA_T_MECANICO	Datos mecánicos		002	
Operación	F. de trabajo	No Personas	Duración	H.H. Reales	Sol. Compra
0010	MECAEMPA	0	0,0		
Descripción de Trabajo:	SISTEMA SELLADO VERTICAL				
Denominación Equipo:					
Código	Descripción	Cant.	Unidad	Can.	Dev.
Operación	F. de trabajo	No Personas	Duración	H.H. Reales	Sol. Compra
0020	MECAEMPA	0	0,0		
Descripción de Trabajo:	SISTEMA SELLADO HORIZONTAL				
Denominación Equipo:					
Código	Descripción	Cant.	Unidad	Can.	Dev.
Operación	F. de trabajo	No Personas	Duración	H.H. Reales	Sol. Compra
0030	MECAEMPA	0	0,0		
Descripción de Trabajo:	SISTEMAS ELECTRICOS				
Denominación Equipo:					
Código	Descripción	Cant.	Unidad	Can.	Dev.
Operación	F. de trabajo	No Personas	Duración	H.H. Reales	Sol. Compra
0040	MECAEMPA	0	0,0		
Descripción de Trabajo:	SISTEMAS DE ARRASTRE				
Denominación Equipo:					
Código	Descripción	Cant.	Unidad	Can.	Dev.
Operación	F. de trabajo	No Personas	Duración	H.H. Reales	Sol. Compra
0050	MECAEMPA	0	0,0		
Descripción de Trabajo:	BLOQUEADOR				
Denominación Equipo:					
Código	Descripción	Cant.	Unidad	Can.	Dev.
Operación	F. de trabajo	No Personas	Duración	H.H. Reales	Sol. Compra
0060	MECAEMPA	0	0,0		
Descripción de Trabajo:	BANDAS CINTA TRANSPORTADORA				
Denominación Equipo:					
Código	Descripción	Cant.	Unidad	Can.	Dev.
Operación	F. de trabajo	No Personas	Duración	H.H. Reales	Sol. Compra
0070	MECAEMPA	0	0,0		
Descripción de Trabajo:	DOSIFICADOR				
Denominación Equipo:					
Código	Descripción	Cant.	Unidad	Can.	Dev.
Posibles Causas de la falla / parte que falló					

Como se puede ver en la figura 23, el plan ha sido creado en el SAP con las especificaciones de Plan de mantenimiento preventivo, para la envasadora. De la misma manera se hizo para la enfardadora. En dicho plan se contemplaron todas las actividades a realizar en la hoja de ruta.

Ahora bien, después de establecido el plan de mantenimiento, se procedió a crear las hojas de ruta (figura 24) en donde se establecieron todas y cada una de las actividades que se deben realizar en cada uno de los sistemas de la máquina.

Figura 24.

Hoja de ruta con actividades de mantenimiento preventivo

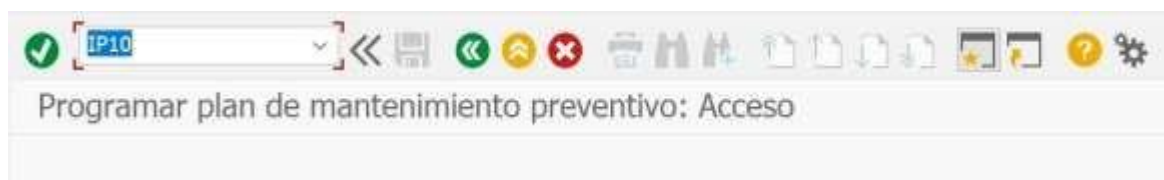
RUTINA ENVASADORAS		
N° Orden:		
Fecha:		
Realizado por:		
10000150	EMP ENVASADORA 2A MF5000 INDUMAK PAQUETE	SI/NO Observaciones
Sistema dosificacion		
Verificar funcionamiento cilindros llenado de vaso		
Verificar funcionamiento cilindros dosificado		
Revisar limpieza e higiene del dosificador		
verificar que el peso del producto esta dentro del rango requerido		
verificar fuga de producto		
calibrar el peso (si es necesario)		
Comprobar la unidad de mtto neumatica		
purgar condensados en la unidad de mtto neumatica		
verificar las lenguetas del dosificador		
Verificar fugas de aire comprimido		
Sistema Sellado Horizontal		
Comprobar estado del sello		
Verificar estado de los teflones		
verificar estado de los cauchos siliconados		
Verificar estado de las resistencias		
Verificar estado de las borneras laterales		
Verificar ajuste de los brazos laterales		
Verificar ajuste del cilindro central		
Verificar estado de las mordazas delantera y trasera		
Verificar estado de las premordazas		
Verificar funcionamiento cilindro central		
Verificar funcionamiento cilindro de la cuchilla		
Comprobar el filo y corte de la cuchilla		
Verificar el ajuste de las rotulas		
Verificar el ajuste de las levas		
Verificar estado de los bujes de los ejes laterales		
Comprobar conexiones electricas y cableado		
Verificar fugas de aire comprimido		

4.5.2. Paso a paso en la creación del plan de mantenimiento en SAP

Lo primero que se hace en el SAP es crear la transacción IP 10 para el Plan de mantenimiento basado en estrategia, tal y como se muestra en la figura 25.

Figura 25.

Creación de la transacción del plan de mantenimiento preventivo



Paso seguido se establece la estrategia de mantenimiento, que en este caso es la IP 42 que se determinó con una periodicidad mensual (figura 26).

Figura 26.

Estrategia de mantenimiento IP 42



En la figura 27 se observa el plan basado en estrategia mensual se registró con el código 4057. La idea es darle la liberación al plan de mantenimiento y programarlo.

Figura 27.

Código de la estrategia



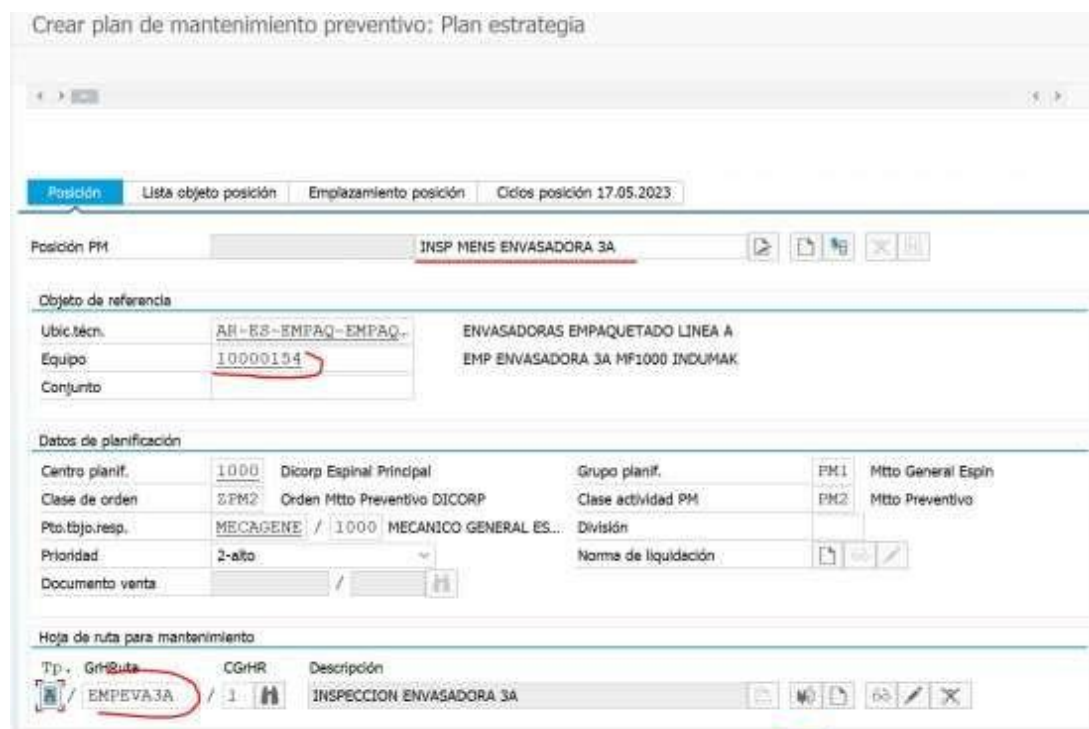
Programar plan de mantenimiento preventivo: Acceso

Plan mant.prev. 4057

En la creación del plan de mantenimiento se añade la información previamente cargada al sistema como el código del equipo y la hoja de ruta creada (Figura 28).

Figura 28.

Información detallada del equipo del plan.



Crear plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia

Posición PM: INSP MENS ENVASADORA 3A

Objeto de referencia:

Ubic.téc.	AH-ES-EMPAQ-EMPAQ-	ENVASADORAS EMPAQUETADO LINEA A
Equipo	10000154	EMP ENVASADORA 3A MF1000 INDUMAK
Conjunto		

Datos de planificación:

Centro planif.	1000	Dicorp Espinal Principal	Grupo planif.	PM1	Mtto General Espin
Clase de orden	2PM2	Orden Mtto Preventivo DICORP	Clase actividad PM	PM2	Mtto Preventivo
Pto.tbjo.resp.	MECAGENE / 1000	MECANICO GENERAL ES...	División		
Prioridad	2-año		Nombre de liquidación		
Documento venta					

Hoja de ruta para mantenimiento:

Tip.	GrH Ruta	CGHR	Descripción
	EMPEVA3A	1	INSPECCION ENVASADORA 3A

Es importante mencionar que el plan de mantenimiento es anual y se ejecuta mensualmente. En la figura 29 se evidencia el horizonte de apertura, donde se indica un valor donde la orden se puede generar antes de que se cumpla el ciclo establecido y que está sujeto a que se termine en el tiempo establecido, en otras palabras, me indica que no se va a abrir una nueva orden hasta que no se cierre la orden anterior, esto evita acumulación de ordenes en el sistema sin ejecutar. En esta imagen también se puede ver el inicio en el ciclo, que indica la fecha base para empezar a contar la frecuencia establecida en el plan

Figura 29.

Horizonte de apertura

Crear plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia

Plan mant. prev. INSP MENS ENVASADORA 3A

Cal. plan mant.

Ciclos plan de mantenimiento 17.05.2023 Parám. programación plan mantenimiento Datos adicionales plan mantenimiento

Determinación fecha	Control de orden de entrega	Indicador de programación
Fact.dec.conclusión retr. 1,00 %	<input checked="" type="checkbox"/> Horizonte apertura 90 %	<input checked="" type="radio"/> Tiempo
Tolerancia (+) 1,0 %	<input type="checkbox"/> Intervalo de toma 12 MON	<input type="radio"/> Tmpo.según día fijo
Fact.dec.concl.anticipada 1,00 %	<input checked="" type="checkbox"/> Sujeto a conclusión	<input type="radio"/> Tmpo., calend.fábrica
Tolerancia (-) 1,0 %		
Factor de dilatación 1,00	Inicio programación	
Calendario de fábrica	Inicio de ciclo 15.05.2023	

En este punto es importante es importante mencionar que la inclusión del Plan de mantenimiento Preventivo al SAP puede traer muchos beneficios a la planta, sobre todo en lo relacionado a una gestión más eficiente de los recursos, la toma de decisiones, puede incidir en la productividad de los operarios y de las tareas, permite una integración entre los diferentes departamentos de la planta, además de ser una herramienta muy útil para la gestión del cambio, como se pudo evidenciar en este trabajo de investigación.

Para que el plan de mantenimiento pueda establecer todos los parámetros es importante que en SAP estén creados los equipos a los cuales se les asocia el plan (Figura 30) así como los bloques mecánicos en los cuales se programa el mantenimiento.

Figura 30.

Bloques mecánicos para la envasadora

10000154	EMP ENVASADORA 3A MF1000 INDUMAK
• 10008236	SISTEMA SELLADO HORIZONTAL ENVASADORA 3A
• 10008237	SISTEMA SELLADO VERTICAL ENVASADORA 3A
• 10008238	SISTEMAS ELECTRICOS ENVASADORA 3A
• 10008239	SISTEMA DE ARRASTRE ENVASADORA 3A
• 10008240	BLOQUEADOR ENVASADORA 3A
> 10008241	BANDAS TRANSPORTADORAS ENVASADORA 3A
• 10008242	SISTEMA DOSIFICACION ENVASADORA 3A
• 10000110	SISTEMA DESEMBOBINADOR ROLLO ENVASADO 3A

Adicional a la creación de los equipos, se revisó la taxonomía de los equipos creados en planta por la transacción IH01. Fue necesario crear unos "sub equipos" hijos de la envasadora que se tomaron de ejemplo para trabajar la transacción IE01 - crear equipo (Figura 31).

Figura 31.

Creación de Subequipos

10000154	EMP ENVASADORA 3A MF1000 INDUMAK		
> 10008236	SISTEMA SELLADO HORIZONTAL ENVASADORA 3A		
• 10008237	SISTEMA SELLADO VERTICAL ENVASADORA 3A		
• 10008238	SISTEMAS ELECTRICOS ENVASADORA 3A		
• 6029770	PANTALLA TACTIL EA9-T15CL 15" TOUCH	L	1 UN
• 6016884	PLC ALLENBRADLEY REF.2080-LC50-24QBB	L	1 UN
• 6026575	SENSO FOTOELECTRI OMRON E32-D61	L	1 UN
• 6009047	CONTACTOR 3RT2026-1AN20 220V	L	3 UN
• 6016923	RELEVO OMRON 5 PIN REF. G2R18NDC24S 24V	L	30 UN
• 6016924	BASE P/RELEVO 5 PINES OMRON REF: P2RF05EL	L	30 UN
• 6002118	RELE ESTADO SOLIDO 25 AMP 400 VAC TRIPO.	L	3 UN
• 6020226	FUENTE ALIMENTACIÓN 2 SALIDA 24V DC/6.SAL	L	1 UN
• 6010693	PULSADOR LUMINOSO VERDE 20MM 110/120V	L	3 UN

Siguiendo con el plan de mantenimiento preventivo, se inicia la programación y se muestra las diferentes fechas en donde se lanzarán dichas ordenes (figura 32).

Figura 32.

Órdenes de servicio

Programar plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia 0000000040

Plan mant.prev.: 4057 DNSF MENS ENVASADORA 3A

Lista programación

Nú.	FechaPrev.	Fecha de toma	Fecha de concl.	Paquet.vendid.	Cl.programación/Status	Deav(.,	Unidad
1	14.06.2023	11.06.2023		1M	InicioCiclo Espera		
2	14.07.2023	11.07.2023		1M	Programado,Espera		
3	13.08.2023	10.08.2023		1M	Programado,Espera		
4	12.09.2023	09.09.2023		1M	Programado,Espera		
5	12.10.2023	09.10.2023		1M	Programado,Espera		
6	11.11.2023	08.11.2023		1M	Programado,Espera		
7	11.12.2023	08.12.2023		1M	Programado,Espera		
8	10.01.2024	07.01.2024		1M	Programado,Espera		
9	09.02.2024	06.02.2024		1M	Programado,Espera		

Paso seguido, se genera el número de orden de trabajo transacción IP24 (figura 33).

Figura 33.

Transacción IP 24

Programa Tratar Pasar a Sistema Ayuda

Resumen progr.manten.forma de lista: Criterios de selección

Selec.posición manten.

Tp.plan manten.		a		
Cpo.clas.plan mant.prev.		a		
Plan mant.preventivo	4057	a		
Posición mantenim.		a		
Estrategia mantenim.		a		

A continuación, el sistema indica el número de orden con base en el plan de mantenimiento preventivo creado, especificando las fechas en las cuales se irán generando las órdenes siguientes, así como el paso a paso en detalle de la operación (figura 34).

Figura 34.

Número de orden con fechas de control.

Resumen progr.manten.forma de lista: Lst.res.programación mantenimiento

Posición de mantenimiento Planes de mantenimiento preventivo

S	Posición mantenim.	Plan mant.prev.	Estrategia	Descripción posición de mantenimiento	Nº toma mant.	Fe.inic.progr.	Orden
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	1	15.05.2023	26063908
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	2	14.06.2023	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	3	14.07.2023	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	4	13.08.2023	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	5	12.09.2023	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	6	12.10.2023	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	7	11.11.2023	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	8	11.12.2023	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	9	10.01.2024	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	10	09.02.2024	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	11	10.03.2024	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	12	09.04.2024	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	13	09.05.2024	
	4907	4057	MESES	INSP MENS ENVASADORA 3A	14	08.06.2024	

Cuando se revisa el número de orden que se generó (Figura 35) se puede comprobar que pertenece al plan de mantenimiento previamente creado. En este punto se especifican las actividades claramente, teniendo en cuenta las herramientas, insumos y demás necesarios para la actividad.

A manera de conclusión, es importante mencionar que la inclusión del Plan de mantenimiento Preventivo al SAP puede traer muchos beneficios a la planta, sobre todo en lo relacionado a una gestión más eficiente de los recursos, la toma de decisiones, puede incidir en la productividad de los operarios y de las tareas, permite una integración entre los diferentes departamentos de la planta, además de ser una herramienta muy útil para la gestión del cambio, como se pudo evidenciar en este trabajo de investigación.

5. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en este proyecto y su respectivo análisis, se establecieron las siguientes conclusiones.

Una parte importante de los fallos en las máquinas se deben a una mala operación o a un arreglo o mantenimiento no adecuado que en ocasiones realiza el mismo operador. Para evitar esta situación, dentro del plan de mantenimiento preventivo se debe contemplar la capacitación al operador para la correcta manipulación de la máquina, así como, para determinar en qué momento es conveniente llamar al mecánico cuando por observación y experiencia detecta algún fallo o posible fallo. El operador es muy importante, porque su conocimiento de la máquina puede determinar una alerta temprana que evite un fallo.

El plan de mantenimiento preventivo se convierte en la principal herramienta para el correcto funcionamiento de la máquina, sobre todo cuando se construye a partir de información veraz, como el análisis de criticidad y el diagrama de Pareto. Solo a partir de información confiable se puede elaborar un plan de mantenimiento auténtico y pertinente para el tipo de trabajo que requiere la empresa y para lo cual está diseñada la máquina.

Los planes de mantenimiento preventivo deben ser revisados periódicamente, conforme se vayan presentando las fallas y de acuerdo con la experiencia adquirida por parte del operador y del mecánico, además, de contemplar las recomendaciones del fabricante. A medida que las máquinas tienen cierta cantidad de tiempo de funcionamiento, se deben hacer adaptaciones o ajustes al plan de mantenimiento, para evitar o minimizar la posibilidad de algún fallo.

Como se pudo evidenciar durante esta investigación, cualquier plan de mantenimiento preventivo parte de un conocimiento adecuado de la máquina, así como de una correcta clasificación de los sistemas que la conforman. Este punto es clave, ya que, si no se hace una adecuada clasificación, el plan de mantenimiento podrá ser insuficiente para prevenir fallos o evitar reparaciones mayores.

Es muy importante que se lleve una estadística de todos los fallos que presentan las máquinas, documentando el sistema que presentó la falla, el valor de la reparación, el tiempo de la reparación y las acciones adelantadas por los mecánicos. Sólo a partir de dicha información se puede tener certeza de la efectividad y alcance que ha tenido el plan de mantenimiento preventivo, así como los posibles ajustes que se le puedan hacer.

El sistema SAP es una herramienta que permite en la planta de empaquetado de arroz Diana integrar los procesos de mantenimiento con los procesos administrativos, mejorando la eficiencia en la gestión de sus recursos para el mantenimiento preventivo y de oportunidad para la realización de las actividades establecidas en las hojas de ruta. En cuanto al mantenimiento preventivo, el Sistema SAP ofrece una solución que permite a la planta planificar y programar mensualmente el mantenimiento de sus equipos y maquinarias, de ahí la importancia de integrarlo al sistema SAP.

Referencias

- Baron, N. (2019). *Presentación de la empresa Dicorp*. [Trabajo de pregrado] Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Repositorio UBJTL
<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/>
- Benavides, L. (2022). *Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo Aplicado a la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Provincia de Utcubamba – Amazonas*. [Tesis de pregrado.] Universidad Politécnica Amazónica. Repositorio Universidad <https://repositorio.upa.edu.pe/>
- Casachagua, C. G. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la empresa Ecosem Smelter S.A.* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú Repositorio Universidad ECCI <https://repositorio.ecci.edu.co/>
- Cristancho, A. (2019). Gestión de mantenimiento preventivo en el módulo de mantenimiento pm de SAP R/3, para el equipo móvil de la cantera Nobsa en la planta de cementos HOLCIM. [Tesis de pregrado]. Universidad Santo Tomás. Repositorio <https://repository.usta.edu.co/>
- El Análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional. Tomado de <http://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-analisis-de-criticidad-unametodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope> , consultada el día 01 de Abril de 2023.
- González, G., Fajardo, S., & Rincón, R. (2018). *Propuesta para la implementación de estrategias de mantenimiento a equipos y herramientas de los centros de servicio y*

servicios in-house de la empresa Automundial S.A. [Trabajo de Especialización]
Universidad ECCI. Repositorio <https://repositorio.ecci.edu.co/>

González, J., & Andrade, J. N. (2021). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Metodología 5qs para los Equipos y Maquinaria de la Planta de Trituración Esgamo S.A.S.* [Trabajo de pregrado] Universidad Antonio Nariño. Repositorio <http://repositorio.uan.edu.co/>

Gordillo, J. (2019). *Estructuración de un modelo de gestión del mantenimiento preventivo aplicable a la industria de molinería de arroz en el departamento del Tolima.* [Trabajo de pregrado] Universidad de Ibagué. Repositorio <https://repositorio.unibague.edu.co/>

Herrera, C., & Chaparro, D. (2022). *Diseño De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Con Aplicativo En Software Para Los Equipos De Manutención De La Planta Física, En La Sede Bosque Popular De La Universidad Libre Utilizando La Técnica 5w + 1h.* [Trabajo de pregrado] Universidad Libre. Repositorio <https://repository.unilibre.edu.co/>

Laverde, J., Rodríguez, D. (2021). Implementación del módulo SAP PM para la empresa eterna S.A. [Trabajo de pregrado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Repositorio <https://repository.udistrital.edu.co/>

INDUMAK. (2020) Ficha técnica de la envasadora MK 30. Recuperado de:

https://www.indumak.com.br/upl/produtos/Download_-_Catalogo_MK_30_MK_40-02-05-2016_11-44-03.pdf

INDUMAK. (2020) Ficha técnica de la enfardadora MF 1000. Recuperado de:

https://www.indumak.com.br/upl/produtos/Download_-_CATALOGO_LINHA_MG-03-05-2016_14-57-19.pdf

Metodología Análisis de Criticidad (AC). Tomado de la página

aprendizaje.virtual@pemex.com , consultado el día 05 de Abril de 2023.

Milanés, J., & Florez, W. (2020). *Diseño De Un Plan De Mantenimiento Preventivo En Los Sistemas De Instrumentación Y Control De La Empresa Aguas De Cartagena E.S.P.* [Trabajo de pregrado] Universidad Antonio Nariño. Repositorio <http://repositorio.uan.edu.co/>

Montoya, J. F. (2010). *Análisis y diseños de un sistema automático para empaquetar bolsas que contienen granos y semillas en polvos.* México D.F. Instituto Politécnico Nacional. Repositorio universidad <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/7039>

Nagles, J., & Urbano, A. (2021). *Diseño E Implementación De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Y Correctivo Para La Empresa Ingeniería MyM S.A.S.* [Trabajo de pregrado] Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Repositorio <https://repository.udistrital.edu.co/>

Nivia, C. B. (2017). *Diseño de un sistema de producción y operaciones para la planeación de la producción de arroz en la empresa unión de arroceros S.A.S.* Bogotá, Colombia. Universidad Sergio Arboleda. Repositorio universidad: <https://repository.usergioarboleda.edu.co/>

- Parra, N., (2022). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la Confiabilidad (RCM) en máquinas en el proceso de hilandería open end en la empresa Fabricato*. [Trabajo de pregrado] Universidad de Antioquia. Repositorio <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/>
- Picado, H. R. (2013). *Propuesta para el mejoramiento de la planificación y organización del mantenimiento en el centro de industria Agricorp-Tipitapa. Nicaragua: [Monografía de pregrado]Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua*. Repositorio: <https://repositorio.unan.edu.ni/5325/1/16093.pdf>
- Prat, M., (2014) *Análisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una impresora digital industrial. Ingeniería técnica industrial, especialidad electricidad*. Universisias Politécnica de Cataluña. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23229/Resum.pdf> consultada el día 01 de Abril de 2023.
- Programa de Mantenimiento DICORP V4 (2021). *Gestión de mantenimiento de equipos*. Documento que hace parte del SGC. Molino Diana, Espinal, Tolima.
- Ramos, P. (2014). “*El Control de la calidad y su impacto en la productividad de la Industria “ESMADOR” de la ciudad de Ambato*. [Tesis de pregrado] Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/>
- Restrepo, F. (2022). *Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Para La Maquinaria Pesada De La División De Obras Públicas De La Dorada Caldas*. [Trabajo de

pregrado] Fundación Universitaria de América. Repositorio

<https://repository.uamerica.edu.co/>

Reyes, F. J. (2009). *Elaboración y automatización de una máquina empacadora industrial a escala. Bucaramanga, Colombia*. [Tesis de pregrado] Universidad pontificia bolivariana. Repositorio universidad:

<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/595>

Riesco, S. (2019) *¿Qué es SAP y qué módulos tiene?* [En línea]. España. Formazion

Disponible en: https://www.formazion.com/noticias_formacion

Rodríguez, A., & Morelo, A. (2021). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos y maquinaria de la empresa Vidrios y Cristales Templados S.A.S*

[Trabajo de pregrado] Universidad Libre. Repositorio

<https://repository.unilibre.edu.co/>

Rodríguez, D. (2023). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Hornos y Chillers de la Planta de Producción de la empresa Baena Mora & Cia*. [Trabajo de pregrado] Universidad Santo Tomás. Repositorio <https://repository.usta.edu.co/>

Sánchez, S. (2014). *Estudio Del Estado Actual De Las Máquinas Y Equipos De Laboratorio De La Carrera De Ingeniería Mecánica De La Universidad Técnica De Ambato Y Su Incidencia En La Fiabilidad*. [Trabajo de pregrado]. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Repositorio <https://repositorio.uta.edu.ec/>

Apêndices

Anexo A. Ficha técnica enfardadora.

MK 30 E MK 40







INFORMAÇÃO TÉCNICA BÁSICA

- Equipamento robusto com estrutura de aço SA2 31223 e A53 304
- IHM "touch screen"
- Quadro de solda horizontal pneumático
- Tracionamento do filme através de correa
- Bloqueador / posicionador pneumático
- Dispositivo frei de bobina
- Alinhador de bobina com acionamento manual

OPCIONAIS

- Monitoramento de pressão e balanceamento de faixas
- Monitoramento de ruptura de solda
- Possibilidade de trabalho em rede
- Eixo com troca rápida de bobina
- Guarda corpo adequado à NR12
- Furador de fardo pneumático
- Fardos com água (sujeitos a limitação de peso)

STANDARD TECHNICAL INFORMATION

- Robust equipment with structure in SA2 31223 and A53 304 steel
- HMI "touch screen"
- Pneumatic horizontal weld frame
- Film traction by drive roller belt
- Blocker / automatic positioner
- End of plastic roll device
- Aligner with manual set up

INFORMACIÓN TÉCNICA BÁSICA

- Equipo robusto con estructura en acero SA2 31223 y A53 304
- IHM "touch screen"
- Quadro de solda horizontal pneumático
- Tracção de bobinas a través de correa
- Bloqueador / posicionador automático
- Dispositivo frei de bobina
- Alinhador de bobina com acionamento manual

OPTIONAL

- Pressure monitoring and phase balancing
- Monitoring for seam rupture
- Optional networking
- Quick change reel shaft
- Safe change compliant with NR12
- Pneumatic coil perforator
- Bales with water (subject to weight limitation)
- Air charging or thermal stamping option
- Real production
- Airlock system
- Baffle support
- Automatic unroll speed
- Fast converter
- Hydraulic tension conveyor
- Displacement conveyor
- Output conveyor

OPCIONALES

- Adicional de presión y balanceo de faixas
- Adicional de ruptura de soldadura
- Posibilidad de trabajo en red
- Eje con cambio rápido de bobina
- Eje de cambio adecuado a NR12
- Perforador de fardo neumático
- Fardos con agua (sujeitos a la limitación de peso)
- Opcional de carga térmica o de aire
- Real producción
- Sistema de esclusa
- Sistema de guía
- Acomodador de fardo
- Desbobinador automático
- Transportador de tensión
- Transportador de desplazamiento
- Transportador de salida de fardo

30 | Catálogo de Produtos Indumak

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

TECHNICAL FEATURES / CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	MK 30	MK 40
Comprimento do fardo (mm) Bag length / Largo do pacote	400 a 750	400 a 750
Largura máxima do fardo (mm) Maximum packer width / Ancho máximo de la bobina	1200	1400
Largura mínima do fardo (mm) Minimum packer width / Ancho mínimo de la bobina	600	800
Velocidade mecânica (ciclos/min) Mechanical speed (operations) / Velocidad mecánica (operaciones)	15	12
Diâmetro externo da bobina (mm) External diameter / Diámetro externo de la bobina	500	300
Diâmetro interno da bobina (mm) Internal diameter / Diámetro interno de la bobina	70 a 90	70 a 90
Tensão de trabalho (kNt) Tension / Tensión de trabajo	220 a 440	230 a 440
Pressão de trabalho (bar) Working pressure / Presión de trabajo	7	7
Peso do equipamento (kg) Weight of equipment / Peso del equipo	1100	1200

APLICAÇÃO

APPLICATION / APLICACIÓN



UMA COLUNA
ENTRADA TRANSVERSA
ONE COLUMN
TRANSVERSE ENTRY



DUAS COLUNAS
ENTRADA TRANSVERSA
TWO COLUMN
TRANSVERSE ENTRY



TRES COLUNAS
ENTRADA TRANSVERSA
THREE COLUMN
TRANSVERSE ENTRY



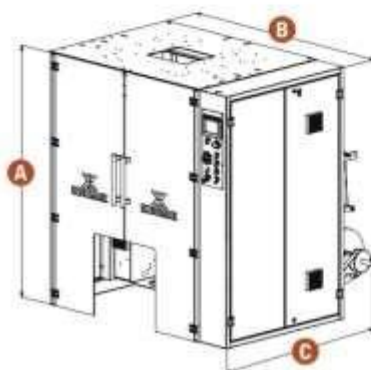
UMA COLUNA
ENTRADA LATERAL
ONE COLUMN
LATERAL ENTRY



DUAS COLUNAS
ENTRADA LATERAL
TWO COLUMN
LATERAL ENTRY

DESENHO DIMENSIONAL

DIMENSIONAL DESIGN / DISEÑO DIMENSIONAL



	MK 30	MK 40
Altura total Total height / Altura total	A	1950 mm / 1950 mm
Largura total Total width / Ancho total	B	1740 mm / 1995 mm
Profundidade total Total depth / Profundidad total	C	1560 mm / 1642 mm

Medidas em milímetros / Medidas en milímetros / Medidas en milímetros



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

TECHNICAL FEATURES / CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	1000		8000	
	Normal	6 Soldas	Normal	6 Soldas
Largura da embalagem (mm) Bag width / Ancho del envase	85 ± 2%	90 ± 100	290 ± 80	30 ± 200
Comprimento da embalagem (mm) Bag length / Largo del envase	45 ± 30	210	110 ± 30	150 ± 90
Largura máxima do filme (mm) Maximum width of film / Ancho máximo de la bobina	470	325	400	400
Largura mínima do filme (mm) Minimum width of film / Ancho mínimo de la bobina	150	280	220	280
Velocidade mecânica (ciclos/min) Mechanical speed (cycles/min) / Velocidad mecánica (revoluciones)	30	40	45	30
Diâmetro externo da bobina (mm) External coil diameter / Diámetro externo de la bobina	500	560	600	600
Diâmetro interno da bobina (mm) Internal coil diameter / Diámetro interno de la bobina	30 ± 50	75 ± 90	10 ± 50	30 ± 40
Tensão de trabalho (Volt) Voltage / Tensión de trabajo	220 ± 440	220 ± 440	220 ± 440	220 ± 440
Pressão de trabalho (bar) Operating pressure / Presión de trabajo	7	7	7	7
Peso do equipamento - sem dosador (kg) Weight of equipment (without doser) / Peso del equipo (sin dosificador)	800	820	1310	1350

Modelo de Dosador / Doser Model / Modelo de Dosificador:
DG - CG - CR - CGS - FP - DR - Q - CM - Unitários / Unitary / Unitarios

Ver o Manual do Usuário / See user page / Ver página de Operadores

APLICAÇÃO

APPLICATION / APLICACIÓN



ALMOFADA
PILLOW BAG
ALMOHADA



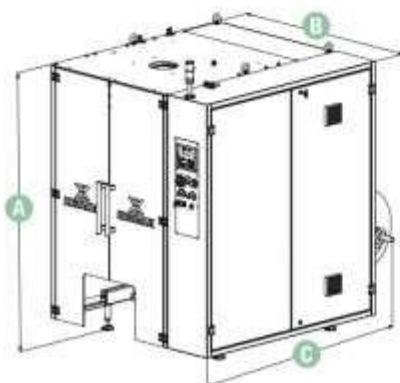
SANFONADA
CORRUGATED
ALMOHADA CON
FUSILE LATERAL



FUNDO PLANO
FLAT BOTTOM
FONDO PLANO

DESENHO DIMENSIONAL

DIMENSIONAL DRAWING / DISEÑO DIMENSIONAL



	1000	8000
Altura total Total height / Altura total	A 1720 mm	1570 mm
Largura total Total width / Ancho total	B 1180 mm	1530 mm
Profundidade total Total depth / Profundidad total	C 1800 mm	2030 mm

Medidas em milímetros / Medidas en milímetros / Medidas en milímetros



Anexo C. Entrevista al jefe de mantenimiento

ENTREVISTA								
FACTOR DE MANTENIMIENTO: PLANEACIÓN		OPCIONES						
		CALIFICACION			UTILIDAD			RESULTADOS Y/O ANALISIS
No.		BAJO	MEDIO	ALTO	POCO	NORMAL	MAXIMA	
1	¿Existen planes y estrategias efectivas en el mantenimiento de equipos del proceso productivo? Cuáles son y como se miden?		X		X			Aunque existen planes o estrategias efectivas para el mantenimiento de equipos de empaquetado, no se utilizan sistemáticamente para los mantenimientos preventivos.
2	¿Son divulgadas las estrategias o planes definidos para el mantenimiento preventivo de equipos del proceso productivo se empaquetado? ¿Se monitorean?		X			X		Si son divulgadas las estrategias y planes que están documentados para el mantenimiento preventivo por medio del a través de las actividades de inducción, sin embargo, no se hacen procesos de retroalimentación de estos en la práctica.
3	¿Se analizan resultados de los planes y programas establecidos para el mantenimiento de equipos productivos? ¿Se ajustan?	X			X			No se analizan los resultados de los planes y programas establecidos para el mantenimiento, por lo tanto, no hay oportunidad para ajustarlos.

	ajustan?							
4	Los programas establecidos para el mantenimiento respetan los programas de producción y compromisos con los clientes? Se mide su cumplimiento?		X			X		Si son respetados estos programas tanto el de mantenimiento como el de producción, pero no se mide el impacto real que puede tener para los compromisos de entrega las fallas operacionales
5	¿Se presentan conflictos internos por los horarios establecidos para las actividades del mantenimiento? ¿Cuáles son? Como se solucionan?		X			X		No se presenta ningún tipo de conflictos, sin embargo, sería mejor que en el SAP se establecieran claramente las tareas y responsables de la actividades de mantenimiento.
6	¿Se establecen programas de ordenes de trabajo de mantenimiento que involucren al personal de producción en sus actividades? Cuales son?		X			X		No se establecen este tipo de programas en donde se involucre al personal de producción en actividades de mantenimiento, ya que estas ordenes de trabajo las realizan directamente los mecánicos, aunque en algunas ocasiones los operarios tienen la iniciativa de realizar operaciones de mantenimiento en ausencia de los mecánicos de planta.
7	Se definen procedimientos de mantenimiento		X			X		Si se define los procedimientos de mantenimiento autónomo, sin embargo, no están enmarcados en el sistema SAP.

Anexo D. Formato Plan de mantenimiento preventivo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS DE EMPAQUETADO				
<p>OBJETIVO: Mantener en óptimas condiciones de funcionamiento los equipos que hacen parte de las líneas de empaquetado, evitando fallos no esperados y previniendo posibles afectaciones a la salud y seguridad de los operarios y mecánicos. El mantenimiento incluye actividades de inspección lubricación, calibración, reemplazo, limpieza, pruebas y capacitación. Además se especifica si se incluyen dentro de SAP.</p>				
MÁQUINA ENVASADORA Y ENFARDADORA			MANTENIMIENTO	
No. BLOQUE	NOMBRE DEL BLOQUE	SIGLA	RESPONSABLE	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO
1	Tornillos del sello horizontal y vertical	TSHV		
2	Mordaza horizontal	MH		
3	Operaciones generales de la máquina	OGM		
4	cilindros neumáticos	CLNM		
5	Sensores electrónicos	SELECT		
6	Traccionador de arrastre	TA		
7	Bloqueador	BQDR		
8	Motor del traccionador de arrastre	MTA		
9	Banda cinta transportadora	BCT		
10	Dosificador	DSF		
11	lubricaciones en vástagos bujes y rodamientos	LBBR		

Anexo D. Formato Plan de mantenimiento preventivo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS DE EMPAQUETADO				
OBJETIVO: Mantener en óptimas condiciones de funcionamiento los equipos que hacen parte de las líneas de empaquetado, evitando fallos no esperados y previniendo posibles afectaciones a la salud y seguridad de los operarios y mecánicos.				
MÁQUINA ENVASADORA Y ENFARDADORA			ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	
No. BLOQUE	NOMBRE DEL BLOQUE	SIGLA	INSPECCIÓN	LUBRICACIÓN
1	Sistema sellado vertical	TSHV	CALIBRACIÓN	LIMPIEZA
			INSPECCIÓN	LUBRICACIÓN
2	Sistema sellado horizontal	MH	CALIBRACIÓN	LIMPIEZA
			INSPECCIÓN	LUBRICACIÓN
3	Sistemas eléctricos	SELECT	CALIBRACIÓN	LIMPIEZA
			INSPECCIÓN	LUBRICACIÓN
4	Sistema de arrastre	TA	CALIBRACIÓN	LIMPIEZA
			INSPECCIÓN	LUBRICACIÓN
5	Bloqueador	BQDR	CALIBRACIÓN	LIMPIEZA
			INSPECCIÓN	LUBRICACIÓN
6	Banda cinta transportadora	BCT	CALIBRACIÓN	LIMPIEZA
			INSPECCIÓN	LUBRICACIÓN
7	Dosificador	DSF	CALIBRACIÓN	LIMPIEZA
			INSPECCIÓN	LUBRICACIÓN