



**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA ENVASADORA DE
PRODUCTOS EN CARTÓN EN INDUSTRIA LÁCTEA DE GUAYAQUIL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de: Ingeniería Industrial

AUTORES: Jessenia Nicole Bolaños Naranjo

Edison Mauricio Macías Vera

TUTOR: Ing. Ángel Roberto Guevara Orozco, MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2024

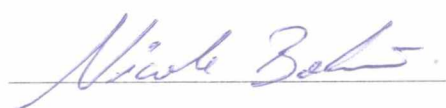
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Jessenia Nicole Bolaños Naranjo con documento de identificación N° 0926201450 y Edison Mauricio Macías Vera con documento de identificación N° 0919137844 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 19 de febrero del año 2024

Atentamente,



Jessenia Nicole Bolaños Naranjo

0926201450



Edison Mauricio Macías Vera

0919137844

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jessenia Nicole Bolaños Naranjo con documento de identificación No. 0926201450 y Edison Mauricio Macías Vera con documento de identificación No. 0919137844, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: “Propuesta de un plan de mantenimiento para la envasadora de productos en cartón en industria láctea de Guayaquil”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de febrero del año 2024

Atentamente,



Jessenia Nicole Bolaños Naranjo

0926201450



Edison Mauricio Macías Vera


0919137844

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ángel Roberto Guevara Orozco con documento de identificación N° 0923017107, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA ENVASADORA DE PRODUCTOS EN CARTÓN EN INDUSTRIA LÁCTEA DE GUAYAQUIL, realizado por Jessenia Nicole Bolaños Naranjo con documento de identificación N° 0926201450 y por Edison Mauricio Macías Vera con documento de identificación N° 0919137844 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Título de Ingeniería Industrial que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. Ángel Roberto Guevara Orozco, MSc.

0923017107

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, que siempre me ha brindado virtudes y bendecido en todo momento de mi vida. A mí misma porque aprendí mucho a lo largo de este camino y seguiré aprendiendo más para ser quien quiero ser. Siempre me repito las siguientes frases que se han clavado en mí:

“Lo que importa no es quién soy, sino quién quiero ser” – “Outro: Wings”

“El sabio no dice todo lo que piensa, pero siempre piensa en todo lo que dice” - Aristóteles

A toda mi familia, que ha estado incondicionalmente para mí y me han acompañado en esta travesía profesional.

Jessenia Bolaños

Dedico este trabajo de titulación en primer lugar a Dios ya que con su infinita sabiduría y misericordia ha obrado en mí y me ha guiado en todo el trayecto recorrido, a mi familia por siempre darme ánimos para alcanzar mis objetivos y también a mi padre que sé que está orgulloso de su hijo desde el cielo. Concluyo con una frase que me ha servido de motivación para jamás dejar de luchar por mis metas:

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad” - Albert Einstein

Edison Macías

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, hermanos y abuelos que han sido mi apoyo emocional en este largo camino en lo personal y académico. Agradezco especialmente a mi hermana Isabel Bolaños, quien ha estado siempre para mí, en las adversidades, sacrificios, alegrías, llantos y en todos mis momentos más preciados. Este logro también es suyo. Agradezco también a mis amigos, por las risas, situaciones randoms que nos han pasado y los estudios; quienes han sido una parte importante en mi vida, además de que han creído en mí y me han motivado en todo momento expresándome su amor.

¡Gracias a todos por acompañarme y ser parte de mi éxito profesional!

Jessenia Bolaños

Agradezco a mi familia por tanto apoyo incondicional en esta etapa del camino, a mi mamá Rosa que siempre me ha sabido motivar a seguir adelante, a mi compañera de vida Martha que con su amor y compromiso incondicional ha sido fundamental en este logro y a mi motorcito Mateo que siempre me da esa fuerza para seguir adelante con cada ocurrencia al llegar a casa cansado después de una larga jornada, a todas las personas que de una u otra forma son parte de este proceso académico, gracias a ellos he alcanzado una meta más en mi vida, he tenido la fortuna de coincidir con personas extraordinarias a lo largo de este camino y agradezco también a mi compañera de tesis Jessenia por siempre confiar en mí y por apoyarme desde el primer momento.

Gracias por todo el apoyo brindado y por ser parte en mi desarrollo académico y profesional.

Edison Macías

RESÚMEN

Mediante la presente propuesta del plan de mantenimiento se considera lograr impactar significativamente en minimizar los tiempos de inactividad no planificados en una de las líneas de producción de la Industria de lácteos, la cual es de mayor importancia porque esta línea permite bajar el stock de leche que suele acumularse en los silos del área de recepción. El enfoque es de la necesidad de contar con equipos adecuados y funcionales es crucial para optimizar los recursos disponibles y reducir los costos de producción.

La industria ecuatoriana cada vez se ve en compromiso de implementar nuevas metodologías que acorde a su realidad, cambios radicales en el mercado competitivo y en donde cada minuto perdido representa una gran pérdida económica por ventas no gestionadas, aumenta los costos de producción y baja la calidad e imagen de sus productos. Por estos motivos, se hace imprescindible la optimización de recursos que mejoren la producción y la productividad de los equipos de cada organización mediante la implementación de un plan de mantenimiento, mismo que sea más predictivo para anticipar las fallas recurrentes de cada equipo en el que se pueda actuar antes que sucedan. En este presente trabajo se propone un plan que este acorde a la realidad de la línea productiva, considerando los mayores defectos recurrentes a través de elementos críticos y su comportamiento en el tiempo mediante el plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) o también llamada metodología Reliability Centred Maintenance (RCM), esto con la finalidad de evaluar los costos productivos y de mantenimiento que se generan al presentarse un evento de fallo.

Palabras claves: Plan, RCM, MCC, mantenimiento, industria, maquinaria, DMAIC.

ABSTRACT

This maintenance plan proposal is considered to have a significant impact on minimising unplanned downtime in one of the production lines of the Dairy Industry, which is of major importance because this line allows lowering the stock of milk that usually accumulates in the silos of the reception area. The focus on the need for adequate and functional equipment is crucial to optimise available resources and reduce production costs.

The Ecuadorian industry is increasingly committed to implementing new methodologies in accordance with its reality, radical changes in the competitive market and where every minute lost represents a great economic loss due to unmanaged sales, increases production costs and lowers the quality and image of its products. For these reasons, it is essential to optimise resources to improve the production and productivity of each organisation's equipment through the implementation of a maintenance plan that is more predictive to anticipate recurring failures of each piece of equipment, so that action can be taken before they happen. In this work we propose a plan that is in line with the reality of the production line, considering the major recurring defects through critical elements and their behaviour over time using the Reliability Centred Maintenance (RCM) methodology, in order to evaluate the production and maintenance costs that are generated when a failure event occurs.

Keywords: Plan, RCM, MCC, maintenance, industry, machinery, DMAIC.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN II	
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESÚMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. PROBLEMÁTICA.....	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Alcance.....	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivos Generales	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Eficiencia mecánica.....	6
2.2 Método DMAIC.....	6
2.2.1 Etapas de la metodología DMAIC.....	7
2.3 Método de 5S	8
2.3.1 Origen de las 5S	8
2.3.2 Composición de las 5S	8
2.4 Métodos de mantenimientos.....	14
2.4.1 Mantenimiento industrial.....	14
2.4.1.1 Tipos de mantenimiento	14
2.4.1.2 Mantenimiento preventivo	15
2.4.1.3 Mantenimiento predictivo	15

2.4.1.4	Mantenimiento autónomo.....	16
2.4.1.5	Mantenimiento correctivo	16
2.4.1.6	Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM)	17
CAPÍTULO III		19
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	19
3.1.	Metodología DMAIC	19
3.1.1	Definir	19
3.1.2	Medir	19
3.1.3	Analizar	20
3.1.4	Mejorar	20
3.1.5	Controlar.....	21
3.2	Metodología 5'S.....	21
3.2.1	Seiri (clasificación)	21
3.2.2	Seiton (orden).....	22
3.2.3	Seiso (limpieza).....	23
3.2.4	Seiketsu (estandarización).....	24
3.3	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).....	25
3.3.1	Fases de RCM.....	25
3.3.2	Etapas de RCM.....	26
CAPÍTULO IV		27
4.	RESULTADOS	27
4.1	Mediciones	27
4.1.1	Herramienta diagramas de Pareto	33
4.2	Analizar	42
4.2.1	Política económica.....	43
4.2.2	Rotación de personal.....	43
4.2.3	Replanificación de la producción.....	43
4.2.4	Falta de mantenimiento	44
4.2.5	Personal Técnico poco capacitado	45
4.3	Mejoras Matriz de criticidad.....	46
4.4	Control.....	47
CRONOGRAMA		50

PRESUPUESTO 50
CONCLUSIONES 51
RECOMENDACIONES 52
BIBLIOGRAFÍA 53
ANEXOS 55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Etapas del método DMAIC	7
Tabla 2. Cuadro de incidencias en horas mes de agosto	27
Tabla 3. Cuadro de incidencias en horas mes de septiembre	28
Tabla 4. Cuadro de incidencias en horas mes de octubre.....	29
Tabla 5. Cuadro de incidencias en horas mes de noviembre	31
Tabla 6. Cuadro de incidencias en horas mes de diciembre.....	32
Tabla 7. Clasificación de las razones de paradas (Frecuencia Absoluta).....	33
Tabla 8. Clasificación de las razones de paradas (Frecuencia absoluta acumulada)	35
Tabla 9. Clasificación de las razones de paradas frecuencias completas.....	36
Tabla 10. Clasificación de las razones de paradas en horas (tiempos)	38
Tabla 11. Clasificación de las fallas específicas de la CBP32	40
Tabla 12. Clasificación de las fallas específicas de la CAP30.....	41
Tabla 13. Ponderación de matriz de criticidad.....	46
Tabla 14. Matriz de criticidad de mantenimiento encartonadora.....	47
Tabla 15. Matriz de criticidad de mantenimiento CAP 30.....	47
Tabla 16. Checklist de mantenimientos de equipos con mayor incidencia de fallas	48
Tabla 17. Cronograma de actividades – trabajo de titulación	50
Tabla 18. Presupuesto del trabajo de titulación.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Método DMAIC	7
Figura 2: Método 5S	9
Figura 3: Seiri -Clasificación	10
Figura 4: Seiton – Orden.....	11
Figura 5: Seiso – Limpieza.	12
Figura 6: Seiketsu – Estandarización.....	13
Figura 7: Evidencia fotográfica sin la clasificación de repuestos en taller.....	21
Figura 8: Evidencia fotográfica con la clasificación de repuestos en taller.....	22
Figura 9: Evidencia fotográfica sin el orden de repuestos en taller.....	22
Figura 10: Evidencia fotográfica del orden de repuestos en taller.....	23
Figura 11: Evidencia fotográfica de la limpieza de repuestos en taller	23
Figura 12: Evidencia fotográfica de desorden de las herramientas	24
Figura 13: Evidencia fotográfica de estandarización de las herramientas	24
Figura 14: Lluvia de ideas.....	42
Figura 15: Resultados sin la implementación del plan de mantenimiento.....	49
Figura 16: Resultados de la implementación del plan de mantenimiento propuesto.....	49

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Estadística de incidencia en horas mes de agosto	27
Gráfica 2: Estadística de incidencia en horas mes de septiembre	29
Gráfica 3: Estadística de incidencia en horas mes de octubre.....	30
Gráfica 4: Estadística de incidencia en horas mes de noviembre	31
Gráfica 5: Estadística de incidencia en horas mes de diciembre.....	33
Gráfica 6: Estadística de mayor número de frecuencia en fallas	38
Gráfica 7: Estadística de mayor tiempo de frecuencia en fallas	40
Gráfica 8: Estadística de fallas específicas de la CBP32	41
Gráfica 9: Estadística de fallas específicas de la CAP30	42

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Orden de trabajo de encartonadora CBP32.....	55
Anexo 2: Listado 1 -2 de materiales utilizados en mantenimiento de encartonadora CBP32.....	56
Anexo 3: Listado 2-2 de materiales utilizados en mantenimiento de encartonadora CBP32.....	57
Anexo 4: Orden de trabajo de colocador de tapas CAP30	58
Anexo 5: Actividades a realizar en colocador de tapas CAP30	59
Anexo 6: Repuestos cambiados en colocador de tapas CAP30.....	60

INTRODUCCIÓN

La industria ecuatoriana afronta desafíos y retos constantes, que aumentan en el rubro de los alimentos, ya que se requieren requisitos legales, medio ambientales, seguridad, inocuidad y calidad, muy importantes para elaborar sus productos, por eso se debe tener un alto porcentaje de disponibilidad en la línea de producción evitando gastos adicionales generados por reprocesos como retrasos de producción (esperas), mermas, personal adicional.

En el presente trabajo se realizará un análisis del estado de la línea de producción y cada uno de los equipos que la compone para de esta manera poder determinar los puntos críticos que afectan al correcto desempeño y que impactan al Overall Efficiency equipment (OEE) el cual es uno de los indicadores de producción más importantes en todas las industria; también analizaremos la efectividad de los mantenimientos que se han ejecutado a lo largo de estos últimos 6 meses y con ello armar un plan de mantenimiento acorde a la realidad de la industria láctea.

Es importante indicar que el trabajo que se efectuará buscará poner en práctica los conocimientos adquiridos durante nuestra formación para así garantizar un flujo productivo constante minimizando los tiempos de paradas no planificadas, para esto se elaborará una serie de actividades rutinarias con enfoque técnico-operativo las cuales buscan mantener y alargar en el tiempo la vida útil de los componentes de cada equipo que conforman la línea de producción.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMÁTICA

1.1 Descripción del problema

La empresa ubicada en la zona norte de la ciudad de Guayaquil al frente de la parroquia Pascuales la cual se dedica a la elaboración de productos lácteos cuenta con 20 líneas de producción entre ellas la de Tetrapak línea 9 en la cual se ha identificado la falta de un plan de mantenimiento efectivo debido a las continuas paralizaciones que se presentan durante las producciones que en lo que va del año registra un total de 128 horas teniendo las incidencias en los equipo, CAP 30 con alrededor de 30 horas, CBP 32 con 30 horas, A3flex con 21 horas y por último el HELIX con 16 horas (véase anexo 1), por ello va a ser necesario la implementación de un plan de mantenimiento en la línea 9 en la llenadora A3 FLEX en la cual se esté determinando niveles óptimos de los repuestos a través de la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) el cual con la ayuda del Análisis del Modo y Efectos de Falla (AMEF) con lo cual se espera obtener una reducción del 50% de las horas totales acumuladas a la fecha.

Debido al continuo crecimiento de tecnología en la industria cada vez son más necesarios automatizar los procesos con la finalidad de mantenerse competitivos en el mercado ecuatoriano, esto conlleva a una mayor inversión por parte de los accionistas y al incorporar estas tecnologías a sus procesos productivos representa un reto a la hora de realizar las tareas de mantención y una oportunidad de mejora en el desarrollo de conocimientos y competencias de personal tanto técnico como operativo en estos equipos ya que por tratarse de sistemas productivos donde cada uno de sus elementos presentan una complejidad a la hora de ser analizadas y por otra parte en el mercado la mano de obra competente y especializada en este tipo de maquinarias es escaso, se debe recurrir a los servicios técnicos autorizados por las diferentes marcas que representan a las maquinarias los mismos que en mucho de los casos son considerablemente altos sumado a los costos de repuestos

que como es costumbre en la mayor parte de los casos solo son provistos por estas compañías por lo que representa un reto mucho más complejos contar con las refacciones adecuadas al momento de necesitar el cambio de algún componente que se encuentre afectado en el equipo.

La compañía donde se lleva a cabo este proyecto ha implementado sistemas de gestión de la calidad y control productivo pero debido a diversos factores los cuales evaluaremos en el presente trabajo no ha podido transformar ese esfuerzo en rentabilidad al no poder aprovechar de manera óptima todos los recursos que tiene disposición, aun cuando se cuenta con los sistemas antes mencionados no es posible optimizar los procesos los cuales generan tiempos de paralizaciones prolongados y eleva el costo de producción.

Actualmente se cuenta con un Plan de Mantenimiento está centrado en actividades de inspección y mantenimiento operativo, el mismo que no alcanza a ser efectivo ya que no abarca todas las tareas que se requieren al momento mantener las máquinas que conforman la línea en condiciones ideales de trabajo, por esta razón se tiene un índice de paralizaciones elevado lo que genera un bajo performance de la línea de envasado.

1.2 Antecedentes

La elaboración de productos larga vida o ultrapasteurizados (UHT), envasados en láminas de cartón en la actualidad es una de las que mayor crecimiento ha obtenido en el ámbito local, es por eso que se tienen en el mercado una variedad de empresas que ofrecen y comercializan su portafolio de productos en esta línea de envases ya que al ofrecer un tiempo de caducidad más prolongado comparado con los procesos tradicionales sumado a que en su mayoría no requiere refrigeración, se pueden mantener a temperatura ambiente y su sistema de cierre para evitar derrames es lo que destaca versus otro tipo de envases.

Por este motivo para estar a la vanguardia tanto tecnológica como en participación de mercado en esta línea de productos se necesita ser rentables tanto en la elaboración como en la confiabilidad de los equipos para producir, el cual es uno de los grandes retos a nivel de industrias para ser competitivos en el tiempo y brindar productos con valor agregado a sus clientes y consumidores.

Como uno de las principales metas de la compañía está la de mantener una meta por encima del 75% de Overall Efficiency Equipment (OEE), también conocido como indicador de eficiencia de líneas productivas, la compañía dentro de planta cuenta actualmente con 2 líneas de negocio las cuales se dividen en lácteos y helados, dentro del negocio de lácteos tenemos las líneas de Tetra Pak con 2 estaciones de producción en 4 diferentes formatos, para la presente nuestro enfoque será el de envasado de formatos 1000 ml y 750 ml.

1.3 Alcance

El proyecto se enfoca en el análisis de los datos obtenidos en un periodo de tiempo de 6 meses para elaborar el plan de mantenimiento de forma eficiente y eficaz.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos Generales

Establecer un plan de mantenimiento integral fundamentado en RCM que garantice la confiabilidad, seguridad y eficiencia operativa de la línea láctea de envasados, identificando y priorizando de manera precisa los modos de fallas críticas, con el propósito de maximizar la disponibilidad de equipos, minimizar tiempos de inactividad no programados y optimizar la calidad de los productos lácteos. Elaborar un plan de mantenimiento para la envasadora de 750 ml y 1000 ml Tetrapak en ERP SAP de la planta de lácteos basado en RCM.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el equipo de mayor incidencia en el incumplimiento del plan de mantenimiento de la línea 9.
- Establecer plan de mantenimiento a los elementos de mayor incidencia en las fallas del equipo de la línea 9.
- Establecer política de inventario de refacciones críticas para los equipos de la línea 9.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Eficiencia mecánica

La eficiencia mecánica afecta de forma directa la velocidad de producción, ya que, si se contempla un diseño mecánico eficiente y en constante mantenimiento adecuado su funcionamiento será eficaz, aumentando la velocidad y capacidad de la línea de producción. Adicionalmente, si la línea de producción es mecánicamente eficiente puede consumir menos energía, es decir, costos operativos más bajos y una huella ambiental minoritaria. En resumen, es sumamente esencial la aplicación de la eficiencia mecánica para maximizar la productividad y garantizar la calidad del producto minimizando los costos operativos. El enfoque será mantener y mejorar la eficiencia mecánica para conducir a una operación más rentable y de manera exitosa a largo plazo (2019). Para ello se aplica una fórmula básica de la relación entre la producción y la entrada expresada en porcentajes:

$$Eficiencia = \frac{Horas\ Efectivas}{Horas\ Mecánicas} \times 100$$

Las horas mecánicas es envase al siguiente calculo: Horas Pagadas - Horas de Paro Programadas – Horas de Paros Ajenos – Paros Operacionales – Horas de Paro por restricción de equipos.

2.2 Método DMAIC

Para identificar las fallas que hay dentro de la línea de envase, se analizará por medio de datos obtenidos por los equipos donde observaremos cuales son los componentes críticos. Una vez identificados los componentes críticos, la metodología DMAIC-Six Sigma, se puede utilizar para analizar y mejorar el desempeño de estos componentes (2022).

Esta es una estrategia para recopilar datos analizados y posterior a ello proponer soluciones precisas, sus siglas significan “Definir, Analizar, Mejorar y Controlar” (DMAIC). Es un método que conlleva un formato estructural y de forma disciplinada, basada en el plantear una hipótesis realizada de experimentos consiguiente de evaluaciones para afirmar o rechazar la hipótesis que se había planteado en primera instancia. A su vez, mejorar la calidad y optimizar recursos. Su aplicación es centrada en mejorar la satisfacción del cliente, ya que, al adoptar un enfoque basado en datos y análisis estadísticos, las organizaciones como industrias, sectores desde manufacturas, servicios financieros hasta atención médica y tecnología, pueden identificar áreas de mejora significativas y tomar acciones efectivas para optimizar sus operaciones y obtener resultados empresariales superiores (2018, págs. 27-34).

Figura 1: Método DMAIC



Fuente: elaboración propia

2.2.1 Etapas de la metodología DMAIC

La metodología DMAIC cumple con ciertas etapas las cuales se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Etapas del método DMAIC

Definir	En esta etapa se establece el problema que tenemos que solucionar.
Medir	En esta etapa recolectamos los datos, en especial el tiempo ciclo o mediciones

Analizar	En esta etapa se revisa los datos que se ha recolectado y se aplica metodologías gráficas como histogramas, diagrama causa-efecto.
Mejorar	En esta etapa se presentan las posibles soluciones en base al problema que se tiene identificado.
Controlar	En esta etapa se tiene como objetivo mantener las mejoras que se ha realizado a nivel prolongado.

Fuente: elaboración propia

2.3 Método de 5S

Las 5S es una herramienta basada en la mejora continua, con cinco pasos fundamentales, que si son bien empleados y aplicados garantizan una mejora en cualquier tipo de procesos, esta metodología es tan versátil que puede utilizarse en cualquier ámbito incluso en el hogar.

2.3.1 Origen de las 5S

Esta herramienta ha sido importante en la mayoría de los procesos en las industrias, se comenzó a implementar en la empresa Toyota en los años 60's, con el objetivo de mantener el orden y limpieza dentro la organización, mejorar el clima laboral, la seguridad, motivar al personal y elevar la eficiencia de la empresa (2014).

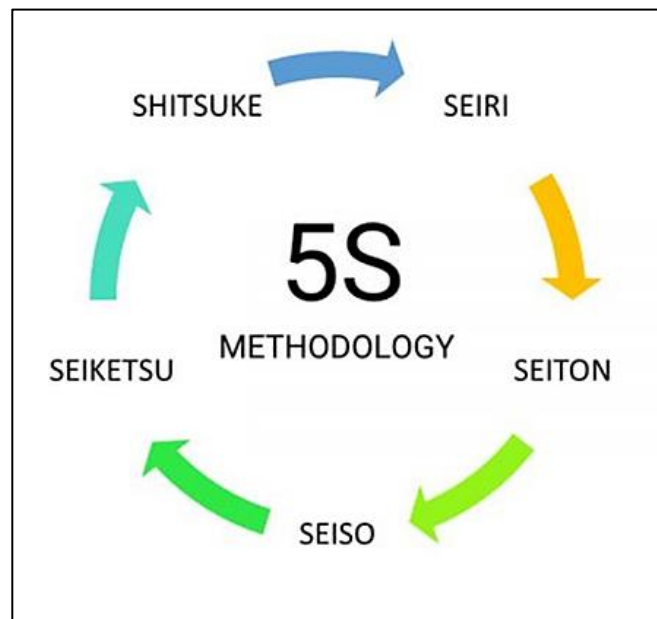
Por eso se considera a las 5S uno de los pilares fundamentales de cualquier organización que busca mejorar las condiciones de trabajo y obtener un mejor rendimiento en la productividad, para apuntalar la implementación de un buen sistema de mejora continua.

2.3.2 Composición de las 5S

La definición de las siglas "5s", es debido al origen de cinco palabras japonesas en el que están compuestas de la siguiente forma y significado:

- Seiri – Clasificación.
- Seiton – Orden.
- Seiso – Limpieza.
- Seiketsu – Estandarización.
- Shitsuke – Disciplina (2023).

Figura 2: Método 5S



Fuente: autores

Seiri – Clasificación.

Es el primer paso a implementar de la metodología Toyota Production System (TPS), consiste en separar todos los implementos que se encuentren en los puestos de trabajo, con el fin de identificar cuáles son los realmente necesarios y eliminar aquellos que no agreguen valor a nuestra actividad (2019).

Para ello se deberá contemplar lo siguiente:

- Realizar un inventario de los recursos.

- Establecer frecuencia de utilización.
- Descartar aquellos elementos que no sean necesarios

Figura 3: Seiri -Clasificación



Fuente: autores

Seiton – Orden.

Es el segundo paso por seguir donde se enfocan los recursos en mantener el orden en cada puesto de trabajo, para garantizar siempre una optimización de tiempo así el personal puede desarrollar sus actividades con un mejor rendimiento (2021).

Para ello se deberá contemplar lo siguiente:

- Designar espacios para almacenar.
- Rotular y etiquetar de manera clara cada elemento.
- Implementar un sistema de visualización por medio de colores

Figura 4: Seiton – Orden.



Fuente: autores

Seiso – Limpieza.

Es el tercer paso, cabe recalcar que, si los pasos anteriormente mencionados son bien aplicados, nos facilitará la implementación del SEISO ya que consiste en mantener orden y limpieza la cual debe ser mantenida y respetada por todas las personas de la organización, esto con el fin de no afectar los procesos que se desarrollan en cada departamento (2023).

En este punto para mantener una buena cultura dentro de la organización debemos de establecer los siguientes pasos:

- Designar responsables y responsabilidades.
- Utilizar los elementos y productos idóneos para cada área.
- Crear una cultura de limpieza puede ser con charlas y capacitaciones.
- Ejecutar auditorias de limpieza con el fin de verificar que están siendo efectuadas según lo establecido.

Figura 5: Seiso – Limpieza.



Fuente: autores

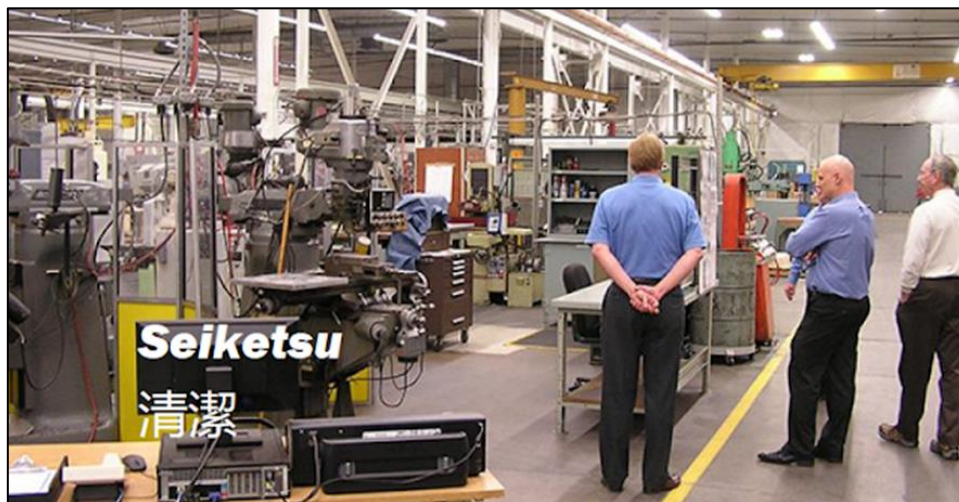
Seiketsu – Estandarización

Es el cuarto paso en donde se deben crear procedimientos para establecer directrices de forma tal que se logre detectar anomalías o desfares en los procedimientos (2019).

Podemos mejorar la implementación siguiendo los siguientes pasos:

- Documentar los procedimientos de cada proceso.
- Crear checklist.
- Capacitación al recurso humano.
- Ejecutar las auditorias periódicamente.
- Integrar a cada persona fomentando la participación de forma activa.

Figura 6: Seiketsu – Estandarización



Fuente: autores

Shitsuke – Disciplina.

Es el último paso, consiste en inculcar la utilización de las 4S anteriores con el fin de mantener una verdadera cultura organizacional (2020).

Para esto se deben seguir las siguientes directrices:

- Establecer una cultura de cumplimiento y respeto a las normas establecidas (2023).
- Establecer hábitos que ayuden a tener controlado cada uno de los puntos establecidos.
- Crear una cultura organizacional centrada en la mejora continua.
- Fomentar la cultura desde el ejemplo.
- Hacer partícipes de los resultados de la implementación de la metodología a todos los colaboradores de la organización.

Debemos tener en cuenta que para tener éxito en la implementación de esta metodología se deben de contar con el apoyo y compromiso de cada uno de los integrantes de la organización, siendo los puntos de apoyo la alta dirección (2023).

2.4 Métodos de mantenimientos

La palabra mantenimiento nace de la unión de las palabras MANUS (mano), TENERE (dominar, retener) y MENTO (instrumento, medio o resultado), y se puede interpretar como la necesidad de cuidar y mantener un bien de cualquier índole para garantizar su conservación y trabajo para el cual fue concebido (2022).

Para alcanzar la máxima rentabilidad en la producción de un producto o servicio, es esencial asegurar que los equipos y sistemas involucrados en los distintos procesos operen de manera óptima (2012). Por lo tanto, considerar implementar un análisis de confiabilidad nos ayuda a identificar y comprender los posibles fallos que podrían ocurrir, optimizando así la eficiencia operativa, reduciendo costos de mantenimiento, minimizando tiempos de inactividad no planificados y garantizando la calidad y continuidad en la entrega de productos o servicios. En resumen, el análisis de confiabilidad proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas que mejoran la confiabilidad, disponibilidad y desempeño general de los activos (2023).

2.4.1 Mantenimiento industrial

El mantenimiento industrial se refiere al conjunto de acciones, estrategias y procesos planificados para asegurar que los equipos, maquinarias y sistemas en entornos industriales operen de manera óptima y eficiente. Su objetivo principal es prevenir fallas, maximizar la disponibilidad operativa, prolongar la vida útil de los equipos y garantizar la seguridad en el lugar de trabajo (2020, pág. 9).

2.4.1.1 Tipos de mantenimiento

Se divide principalmente en tres tipos:

- Mantenimiento preventivo (acciones planificadas para evitar fallos).
- Mantenimiento predictivo (basado en la monitorización y análisis de datos para prever fallas).

- Mantenimiento correctivo (intervenciones para solucionar fallos imprevistos).

2.4.1.2 Mantenimiento preventivo

Se denomina así al conjunto de actividades y técnicas ejecutadas por personal altamente calificado en trabajos de mantenimiento y utilización de equipos de análisis de fallos, ya que mediante estas actividades se puede implementar un TPM (Mantenimiento Productivo Total), efectivo para los diferentes procesos de la industria (2022).

El TBM o Mantenimiento Basado en el Tiempo toma como base las recomendaciones del fabricante, de este modo, crea rutina de los puntos críticos a verificar en los equipos durante su funcionamiento, mediante estos se crean los planes de mantenimiento al cumplir un ciclo determinado por el fabricante y sustenta sus actividades basadas en los manuales de los equipos, y se efectúan las ordenes tanto operativas como de técnicas de cuidado de los equipos.

Este tipo de mantenimiento se puede ejecutar en empresas cuya estructura pueda garantizar los recursos necesarios y la experiencia adecuada de cada uno de los que intervienen en las fases comprobación de funcionamiento ya que es de vital importancia realizar una tarea precisa y profesional (2020, pág. 16).

2.4.1.3 Mantenimiento predictivo

El CBM o denominado mantenimiento predictivo lleva como estructura similar al TBM, como su nombre lo indica se basa en poder predecir un evento o fallo antes de que este se presente teniendo como herramienta principal una técnicas y operaciones que se utilizan para poder anticiparse a un evento antes de que ocurra, también se tienen como argumento las rutinas de inspecciones periódicas pero se ejecuta de manera diferente ya que si bien la estructura de criticidad de los elementos en cierta parte pueden ser los mismos se le da un plus en las revisiones periódicas al

ejecutar análisis utilizando para estos herramientas y técnicas más sofisticadas que tienen como finalidad detectar anomalías y poder solucionarlas antes que se presente el fallo (2016).

Se realizan controles específicos previamente planteados mediante los cuales se tiene un control riguroso de los componentes de la maquinaria estos pueden ser: análisis de vibraciones, comprobación de temperaturas de las partes, medición de sobrecarga en los equipos eléctricos, análisis de lubricantes, este tipo de mantenimiento solo se efectúa a equipos críticos previamente establecidos ya que las pruebas efectuadas son costosas (2020, págs. 16-17).

2.4.1.4 Mantenimiento autónomo

Para implementar este tipo de mantenimiento es fundamental que la organización ya cuente con la herramienta 5S como uno de sus pilares puesto que el orden y la limpieza cumplen un papel principal, para poder llevar a cabo el mantenimiento autónomo se debe contar con información previamente recopilada tanto de manuales de los equipos como de las observaciones de técnicos o ingenieros de planta en base a su experiencia (2019).

Esta herramienta está más enfocada a la parte operativa y se trata de pequeñas y simples tareas que no por eso dejan de ser importantes, debido a que los operarios se van familiarizando más con los equipos y de esta manera pueden desarrollar habilidades que permitan detectar anomalías, las mismas que son compartidas mediante las rutinas operativas logrando de esta manera tener un mejor control de la maquinaria (2020).

2.4.1.5 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el que se implementa o pone en marcha cuando se tiene una falla grave en un equipo el cual impide que este continúe con su normal funcionamiento, se debe intervenir de emergencia para realizar reparación o cambio de algún componente que presentó un

fallo, es el que se realiza cuando los equipos paran sin previo aviso o programación y afecta a la productividad (2021).

Este mantenimiento hace énfasis en las mejoras que se puedan implementar en los equipos, analiza una serie de factores mediante los históricos, también mediante este mantenimiento se pueden implementar mejoras tanto en los equipos como en sus componentes y mejorar su performance de esta manera se obtiene un equipo confiable y eficiente optimizando calidad de procesos y aporta al cuidado del ambiente y la seguridad (2020, págs. 18-19).

2.4.1.6 Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM)

El mantenimiento RCM fue desarrollada por Stanley Nowlan y Howard Heap, ambos eran trabajadores de United Airlines, quienes detallaron un informe mediante el cual desarrollaban las políticas de gestión de consecuencias de fallas que fue presentado al departamento de justicia de los Estados Unidos (2017). Este método de mantenimiento sufrió varias modificaciones que difieren mucho del planteamiento original de sus creadores, es por eso que en 1995 se publica la norma SAE JA1011 la cual establece una serie de criterios bajo los cuales debe manejarse cualquier proceso para que pueda ser reconocido como RCM (2017).

En AGOSTO 2009 se establece según la norma SAE JA1011,7 directrices detalladas en orden a continuación las cuales se deben ser implementadas con el fin de reconocer un proceso RCM:

- Determinar las acciones operativas, las responsabilidades de los implicados en el ámbito productivo.
- Definir las causas que ocasionan el fallo en un activo en el normal desempeño de funciones.
- Establecer el ¿por qué? de los eventos de falla (MF).
- Descripción de comportamiento cuando ocurre un fallo.
- Clasificación de fallas debido a su consecuencia.

- Establecer pasos a seguir para prevenir y predecir antes de que ocurra el fallo mediante tareas periódicas.

Mediante análisis determinar que herramientas de gestión pueden también ser efectivas.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este apartado se contemplarán varias metodologías para implementar como: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC); Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke (5S) y Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM).

3.1. Metodología DMAIC

Para la implementación, debemos antes aplicar una de las metodologías DMAIC donde nos centraremos en la definición del problema, mediciones, análisis, mejora y control de la situación actual.

3.1.1 Definir

En esta etapa definimos la situación problemática de la línea de producción, identificando que hay baja disponibilidad operativa del equipo en la línea 9 (paradas), esto considerando que la meta de la eficiencia mecánica definida por la empresa es del 80% y se tuvo un resultado por debajo de la meta establecida que fue un promedio del 75% en el año pasado.

3.1.2 Medir

En este apartado medimos los registros de eventos que guarda la compañía referente a la línea 9, los mismos fueron considerados en un periodo de tiempo desde agosto a diciembre del año 2023.

En la línea se envasan una variedad de productos en dos formatos diferentes 750 ml y 1000ml, la misma está compuesta por varias máquinas las cuales se detallan a continuación:

- Envasadora A3FLEX 0400
- Acumulador de envases HELIX ACHX30 0700.
- Aplicador de tapas CAP30 0300.

- Encartonadora CBP32 0600.
- Conveyors.
- Line controler.

Luego de ingresar los datos levantados en una base, se realizó un análisis para determinar que equipos de la línea presentan mayores recurrencias de fallas (paradas) durante producción y bajo el mismo criterio se evaluó cual de estas presentan mayor número de horas acumuladas. Partimos haciendo estas mediciones por medio del diagrama de Pareto en el cual, clasificamos las fallas como razones y contabilizamos cuantas hubo por cada una de ellas para que nos de el detalle de las frecuencias con la finalidad de identificar los equipos críticos que estaban por debajo de la meta que se estableció.

Adicional, se hizo medición en las fallas específicas de los equipos que hemos identificado más críticos de los cuales requieren un análisis más detallado y centrado solo en esos.

3.1.3 Analizar

En esta etapa de analizar, se consideró realizar una lluvia de ideas en los equipos críticos para averiguar las posibles problemáticas de las fallas (paradas) que se ha estado teniendo en ciertos periodos de tiempo.

3.1.4 Mejorar

En esta etapa, una vez que se ha analizado la situación de la problemática nos centraremos en buscar las posibles soluciones a partir de una matriz de criticidad conforme a nuestras mediciones y análisis que hemos venido realizando. Aquí se implementó una matriz de criticidad, el cual nos ayudó a enfocar la facilidad de realizar los mantenimientos según la inversión que nos costaría si implementamos dichos mantenimientos necesarios para los equipos críticos que priorizamos.

3.1.5 Controlar

Mediante esta fase, se hizo un control por medio de gestión documental que son los tipos checklist de planificaciones de mantenimientos y ordenes de trabajo.

3.2 Metodología 5'S

3.2.1 Seiri (clasificación)

Como se muestra en la figura 7 a continuación, no se ha ejecutado correctamente la clasificación de los repuestos en taller, por lo que no se puede determinar o identificar los que realmente son de utilidad.

Figura 7: Evidencia fotográfica sin la clasificación de repuestos en taller



Fuente: Elaboración propia

Una vez aplicada la fase de clasificación, tenemos separados los repuestos que se almacenarán en las perchas respectivas como se muestra en la figura 8 a continuación:

Figura 8: Evidencia fotográfica con la clasificación de repuestos en taller



Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Seiton (orden)

Se puede observar en la figura 9 como evidencia levantada, que los repuestos no están en un área específica ni almacenada de forma adecuada, lo que provoca que se acumulen en el piso y obstaculice el tránsito.

Figura 9: Evidencia fotográfica sin el orden de repuestos en taller



Fuente: Elaboración propia

Una vez aplicado esta fase de orden, se delimita un área de almacenamiento para colocar de forma ordenada los repuestos como se muestra en la figura 10 a continuación:

Figura 10: Evidencia fotográfica del orden de repuestos en taller



Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Seiso (limpieza)

Luego de desalojar el área donde se acumulaba de forma desordenada los repuestos, se ejecuta la respectiva limpieza, como indica esta fase que es el tercer paso de la metodología 5S.

Figura 11: Evidencia fotográfica de la limpieza de repuestos en taller



Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Seiketsu (estandarización)

En planta, se cuenta con área común para colocar las diferentes cajas de herramientas; estas herramientas no se almacenaban de manera adecuada, por lo tanto, daba un mal aspecto de desorden en el sitio como se muestra en la figura 12.

Figura 12: Evidencia fotográfica de desorden de las herramientas



Fuente: Elaboración propia

En esta fase, se aplica la estandarización para corregir el desorden generado por la mala cultura del personal y se delimita la zona de almacenamiento obteniendo un mejor aspecto en el entorno laboral.

Figura 13: Evidencia fotográfica de estandarización de las herramientas



Fuente: Elaboración propia

3.3 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Para poder implementar la RCM O MCC es necesario tener claro los pasos o fases a seguir en este caso se debe considerar los elementos críticos que impactan directamente en la baja productividad de la línea Tetrapak y por cuya relevancia tienen altas repercusiones económicas para la empresa, al tener mapeado estos puntos críticos se puede obtener una evaluación de resultados una vez implementado el RCM, ya que se verá reflejado positivamente en la economía y productividad en general. La implementación de estas fases no representa una alta complejidad y por el contrario son relativamente sencillas, se debe seguir una secuencia preestablecida como lo exponen en su trabajo de titulación.

La confiabilidad no solo va centrada en la maquinaria, sino que a su vez también atrapa temas como son el medio ambiente y la seguridad de las personas y los demás bienes todo esto para contemplar como el mantenimiento tiene incidencia directa o indirecta en ellos.

3.3.1 Fases de RCM

- Conformar equipo natural de trabajo, ENT.
- Análisis de la estructura de los activos físicos.
- Recoger información relevante para realizar el análisis.
- Implementar AMEF.
- Establecer nivel de ponderación de riesgo RPN de los modos de falla.
- Ejecutar un análisis probabilístico de eventos de modos de falla en alto, RPN.
- Ejecución de la matriz RCM con el fin de aplicar la mejor estrategia de mantenimiento.
- Elaborar tareas a ejecutar con los siguientes parámetros: horas hombre, materiales y frecuencia.
- Aplicar RCM

3.3.2 Etapas de RCM

Para implementar un plan de mantenimiento se debe cumplir con 4 etapas:

Análisis de puntos críticos en los componentes de los equipos de la línea para poder implementar la mejora RCM, para esto la única condición es tener implementado un plan preventivo de mantenimiento que mediante la propuesta a plantearse será mucho más eficiente.

- 1) En esta etapa se estudian las fallas de los equipos que hacen parte de la línea productiva, con el fin de poder implementar la mejor técnica de mantenimiento que cada una de las maquinas debe tener implementado.
- 2) Esta etapa consiste en implementar las tareas que se dieron como consecuencia de la etapa anterior con el fin de garantizar un desempeño eficiente de todos los componentes de la línea de producción, lo que da como resultado la planificación de actividades.
- 3) Se ejecuta seccionamiento de las ubicaciones de los activos que forman la estructura de la línea de productiva y se define la importancia dentro de la misma.
- 4) Esta etapa se plantea la disposición física de cada componente de la línea y también se definen el orden de importancia de los mismos, de ser posible esta actividad deberá estar acorde a una norma establecida.
- 5) En esta etapa se plantea las capacitaciones brindadas por Tetrapak para certificación de personal operativo y técnico

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

Tras toda la implementación realizada, se obtuvo los resultados que la línea 9 presentaba un total de 244:09:23 horas de paradas en el segundo semestre del año pasado, lo cual, al hacer la medición y análisis de la información, se determinó lo siguiente con la metodología DMAIC aplicada:

4.1 Mediciones

En la etapa de mediciones, se realizó las gráficas en donde nos dio a conocer la recurrencia de incidencias en horas por fallos en la línea 9 durante meses, tomando el periodo del segundo semestre (agosto - diciembre) del año 2023 de funcionamiento:

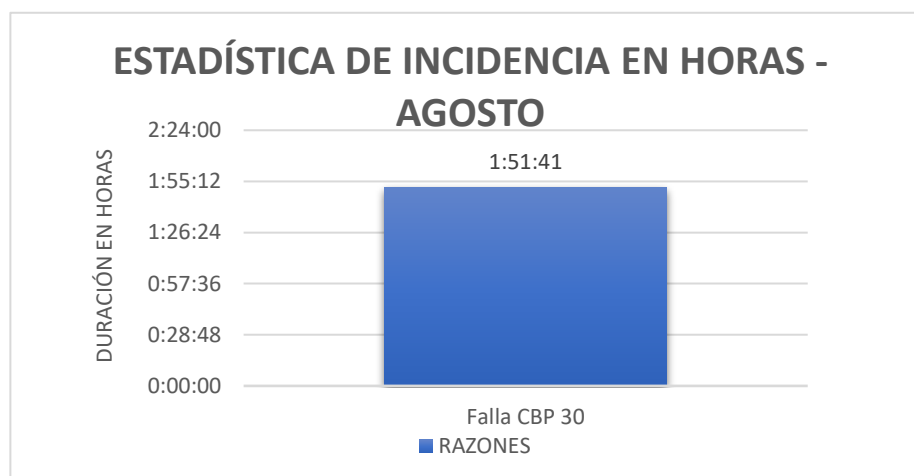
-Agosto: en este mes se tuvieron 2 fallas por CBP 30; en un total de 1hora, 51minutos y 41 segundos, como se muestra a continuación en la tabla y gráfica:

Tabla 2. Cuadro de incidencias en horas mes de agosto

RAZONES	NÚMERO DE INCIDENCIAS	SUMA EN HORAS
Falla CBP 30	2	1:51:41
TOTAL	2	1:51:41

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 1: Estadística de incidencia en horas mes de agosto



Fuente: Elaboración propia

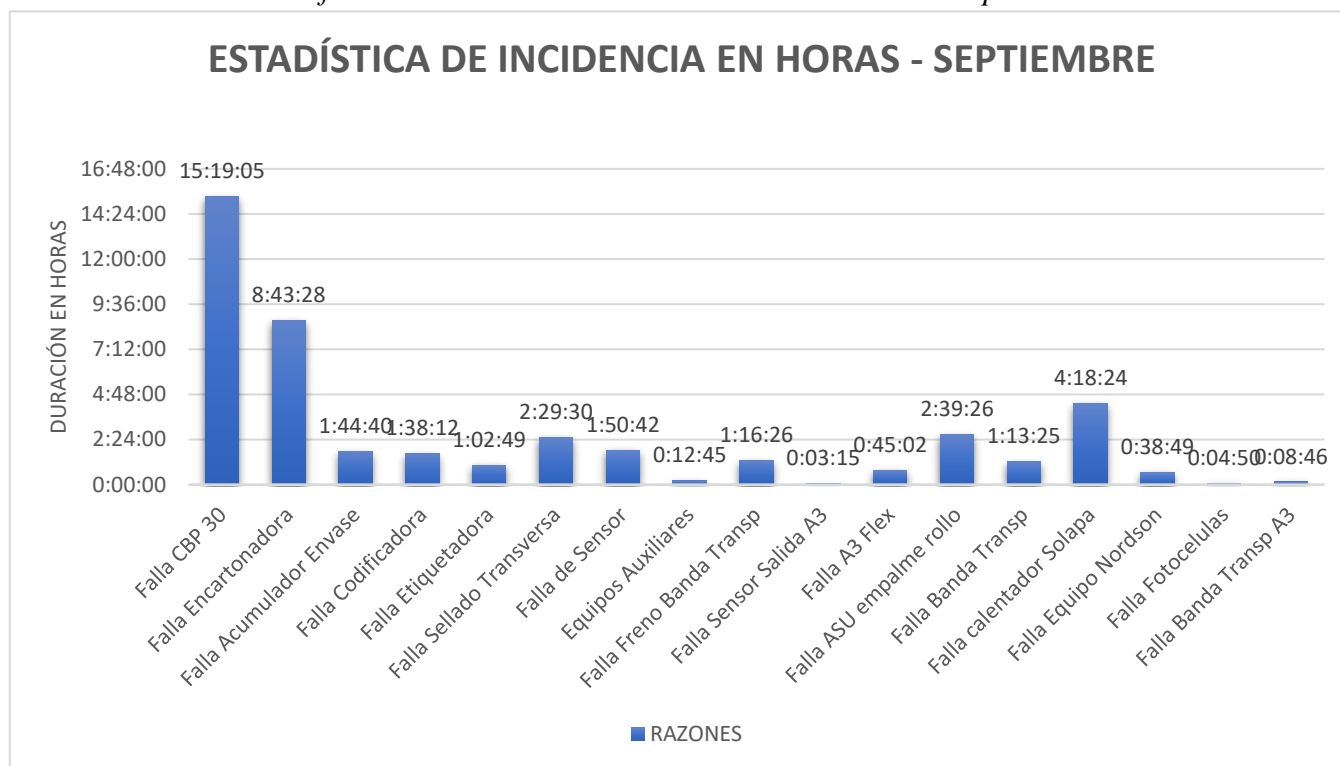
-Septiembre: en este mes se tuvieron 107 fallas por equipos auxiliares, A3 Flex, acumulador envase, ASU empalme rollo, banda Transportadora, banda Transportadora A3, calentador Solapa, CBP 30, codificadora, Sensor, encartonadora, equipo Nordson, etiquetadora, fotocélulas, freno banda Transportadora, sellado Transversa, sensor Salida A3; en un total de 44 horas, 9 minutos y 34 segundos, como se muestra a continuación:

Tabla 3. Cuadro de incidencias en horas mes de septiembre

RAZONES	NÚMERO DE INCIDENCIAS	SUMA EN HORAS
Falla CBP 30	34	15:19:05
Falla Encartonadora	32	8:43:28
Falla Acumulador Envase	12	1:44:40
Falla Codificadora	5	1:38:12
Falla Etiquetadora	3	1:02:49
Falla Sellado-Transversa	3	2:29:30
Falla de Sensor	3	1:50:42
Equipos Auxiliares	2	0:12:45
Falla Freno Banda Transportadora	2	1:16:26
Falla Sensor Salida A3	2	0:03:15
Falla A3 Flex	2	0:45:02
Falla ASU empalme rollo	2	2:39:26
Falla Banda Transportadora	1	1:13:25
Falla calentador Solapa	1	4:18:24
Falla Equipo Nordson	1	0:38:49
Falla Fotocélulas	1	0:04:50
Falla Banda Transportadora A3	1	0:08:46
TOTAL SUMA HORAS	107	44:09:34

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2: Estadística de incidencia en horas mes de septiembre



Fuente: Elaboración propia

-Octubre: en este mes se tuvieron 96 fallas por atasco salida Plegador, A3 Flex, acumulador de envases HELIX, ASU empalme rollo, banda transportadora del acumulador, calentador de Solapa, CBP 3, codificadora, encartonadora, etiquetadora, fotocélulas, Lain Control, resistencias; en un total de 27 horas, 45 minutos y 6 segundos, como se muestra a continuación:

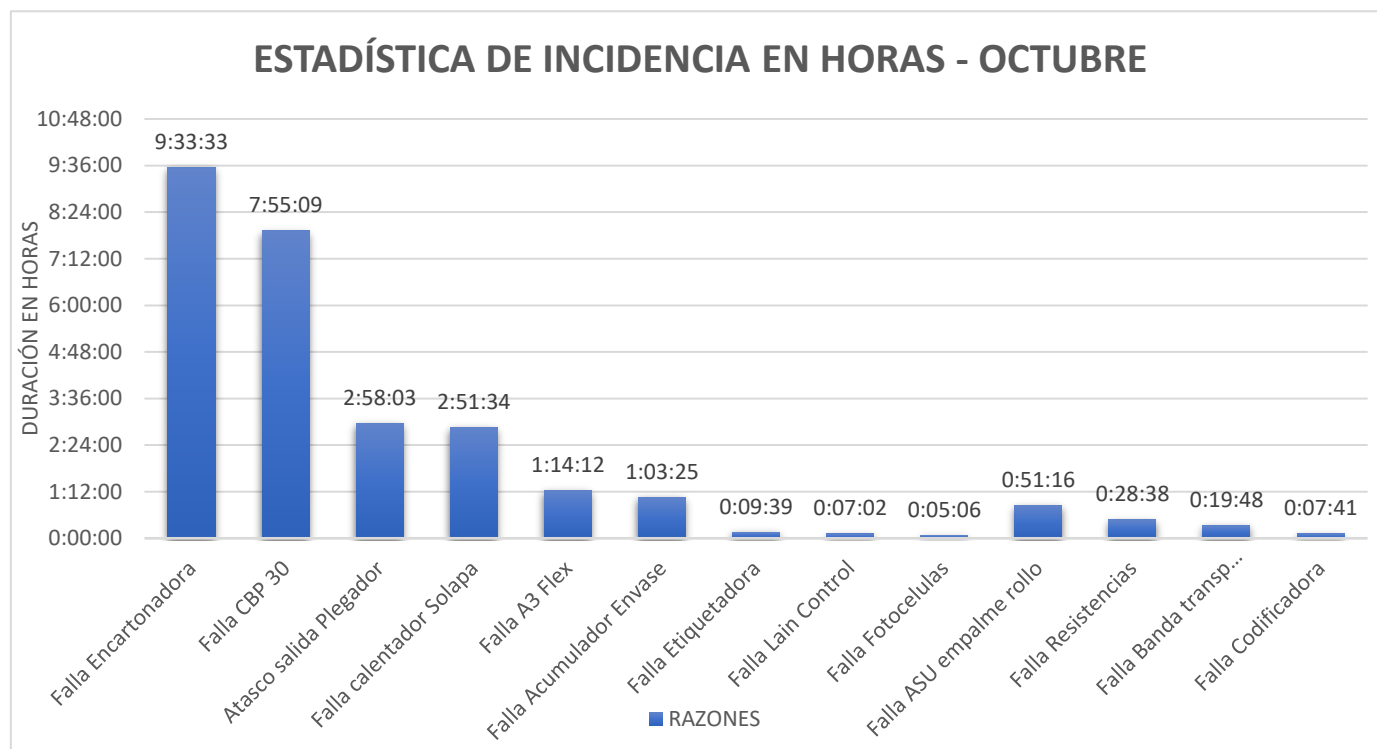
Tabla 4. Cuadro de incidencias en horas mes de octubre

RAZONES	NÚMERO DE INCIDENCIAS	SUMA EN HORAS
Falla Encartonadora	42	9:33:33
Falla CBP 30	18	7:55:09
Atasco salida Plegador	14	2:58:03
Falla calentador Solapa	5	2:51:34
Falla A3 Flex	5	1:14:12
Falla Acumulador Envase	5	1:03:25
Falla Etiquetadora	1	0:09:39
Falla Lain Control	1	0:07:02
Falla Fococelulas	1	0:05:06

Falla ASU empalme rollo	1	0:51:16
Falla Resistencias	1	0:28:38
Falla Banda transportadora Acumulador	1	0:19:48
Falla Codificadora	1	0:07:41
TOTAL SUMA HORAS	96	27:45:06

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3: Estadística de incidencia en horas mes de octubre



Fuente: Elaboración propia

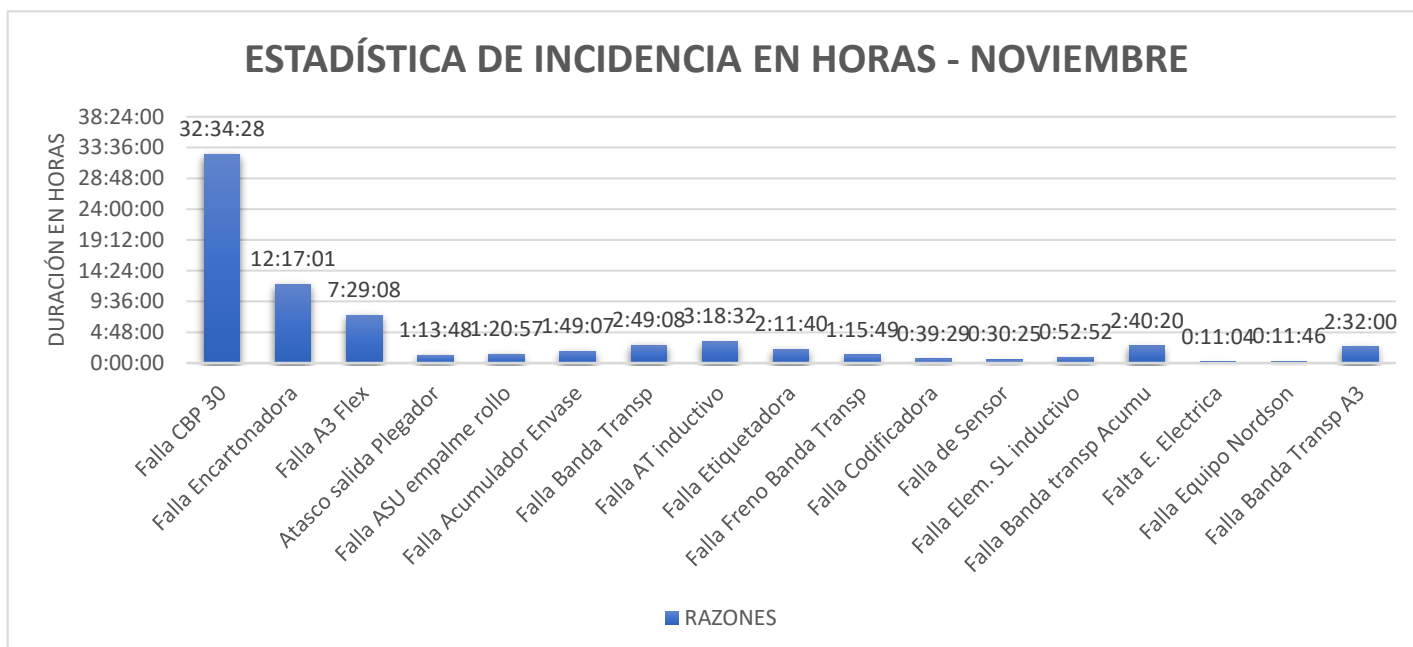
-Noviembre: en este mes se tuvieron 145 fallas por atasco salida Plegador, A3 Flex, acumulador Envase, ASU empalme rollo, AT inductivo, banda transportadora, banda Transportadora A3, banda transportadora Acumulada, CBP 30, codificadora, Sensor, Elem. SL inductivo, encartonadora, equipo Nordson, etiquetadora, freno Banda Transportadora, E. eléctrica; en un total de 73 horas, 57 minutos y 34 segundos, como se muestra a continuación:

Tabla 5. Cuadro de incidencias en horas mes de noviembre

RAZONES	NÚMERO DE INCIDENCIAS	SUMA EN HORAS
Falla CBP 30	66	32:34:28
Falla Encartonadora	26	12:17:01
Falla A3 Flex	9	7:29:08
Atasco salida Plegador	8	1:13:48
Falla ASU empalme rollo	5	1:20:57
Falla Acumulador Envase	5	1:49:07
Falla Banda Transportadora	4	2:49:08
Falla AT inductivo	3	3:18:32
Falla Etiquetadora	3	2:11:40
Falla Freno Banda Transportadora	3	1:15:49
Falla Codificadora	3	0:39:29
Falla de Sensor	3	0:30:25
Falla Elem. SL inductivo	2	0:52:52
Falla Banda transportadora Acumulador	2	2:40:20
Falta E. Eléctrica	1	0:11:04
Falla Equipo Nordson	1	0:11:46
Falla Banda Transportadora A3	1	2:32:00
TOTAL SUMA HORAS	145	73:57:34

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4: Estadística de incidencia en horas mes de noviembre



Fuente: Elaboración propia

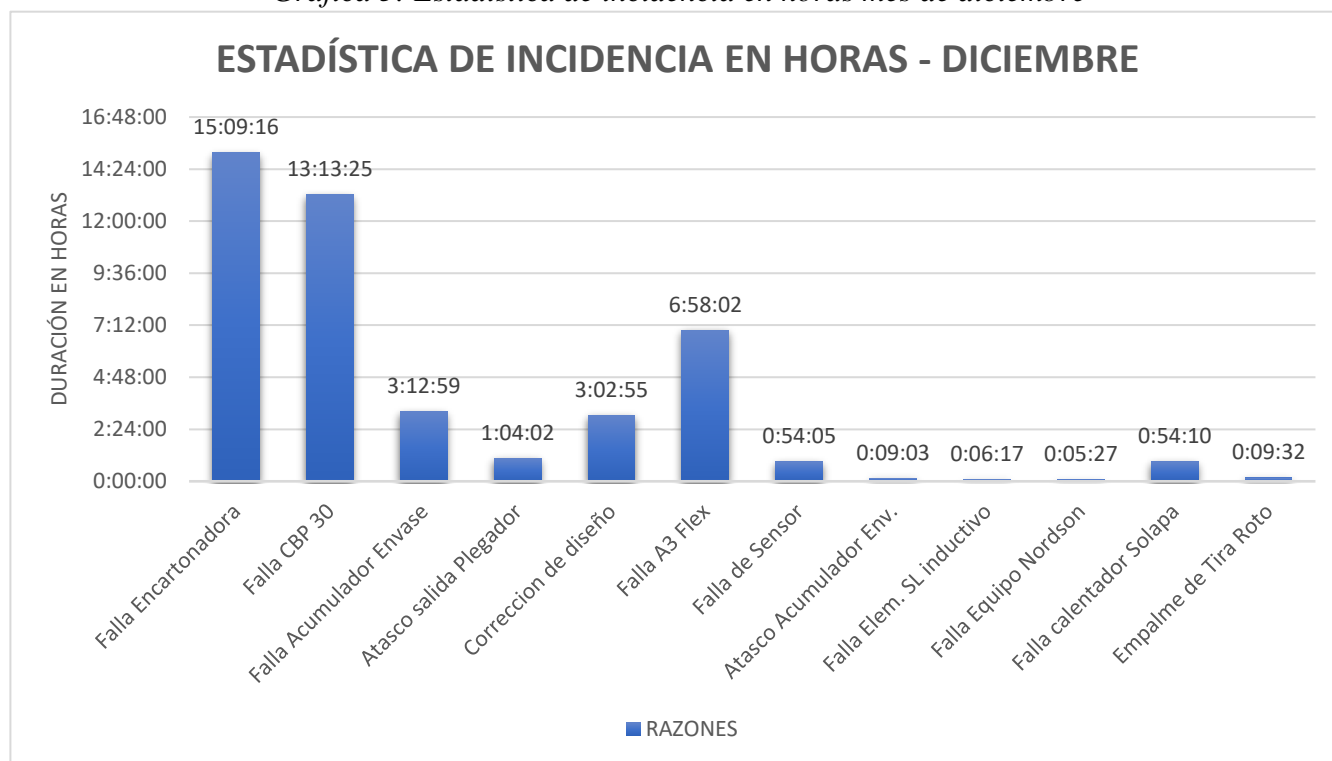
-Diciembre: en este mes se tuvieron 143 fallas por atasco acumulador envase, atasco salida Plegador, corrección de diseño, empalme de Tira Roto, A3 Flex, acumulador Envase, calentador Solapa, CBP 30, Sensor, elemento. SL inductivo, encartonadora, equipo Nordson; en un total de 44 horas, 59 minutos y 13 segundos, como se muestra a continuación:

Tabla 6. Cuadro de incidencias en horas mes de diciembre

RAZONES	NÚMERO DE INCIDENCIAS	SUMA EN HORAS
Falla Encartonadora	55	15:09:16
Falla CBP 30	36	13:13:25
Falla Acumulador Envase	19	3:12:59
Atasco salida Plegador	10	1:04:02
Corrección de diseño	7	3:02:55
Falla A3 Flex	7	6:58:02
Falla de Sensor	4	0:54:05
Atasco Acumulador Envasadora	1	0:09:03
Falla Elem. SL inductivo	1	0:06:17
Falla Equipo Nordson	1	0:05:27
Falla calentador Solapa	1	0:54:10
Empalme de Tira Roto	1	0:09:32
TOTAL SUMA HORAS	143	44:59:13

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5: Estadística de incidencia en horas mes de diciembre



Fuente: Elaboración propia

Con esto, podemos identificar que la mayor recurrencia de incidencia en la línea de producción es en el mes de noviembre. Posterior a este resultado, se realizó otra medición utilizando la herramienta diagramas de Pareto con la finalidad de tener el detalle de los equipos críticos.

4.1.1 Herramienta diagramas de Pareto

Para la implementación del diagrama de Pareto, se realizó una tabla con la información obtenida de la línea 9 de producción donde clasificamos las razones de las paradas contabilizando cuales son las más frecuentes en orden de mayor a menor, donde se definirá como frecuencia absoluta (F. absoluta):

Tabla 7. Clasificación de las razones de paradas (Frecuencia Absoluta)

Razones	F. Absoluta
Falla Encartonadora	186
Falla CBP 30	167

Falla Acumulador Envase	72
Atasco salida Plegador	39
Falla A3 Flex	32
Falla de Sensor	19
Falla AT inductivo	11
HI Presión Baja	11
Falla calentador Solapa	10
Falla Codificadora	9
Falla ASU empalme rollo	8
Corrección de diseño	7
Falla Etiquetadora	7
Falla Banda Transportadora	6
Falla Freno Banda Transportadora	5
Falla Elem. SL inductivo	4
Equipos Auxiliares	3
Falla Banda transportadora Acumulado	3
Falla Equipo Nordson	3
Falla Sellado-Transversa	3
Falla Banda Transportadora A3	2
Falla Fococélulas	2
Falla Láin Control	2
Falla Sensor Salida A3	2
Atasco Acumulador Envase	1
Empalme de Tira Roto	1
Falla Resistencias	1
Falta E. Eléctrica	1

Fuente: Elaboración propia

Luego de clasificar, tendremos que calcular la frecuencia absoluta acumulada de la siguiente manera:

Colocamos el valor de la frecuencia absoluta mayor en la primera celda de la F. absoluta acumulada, en la segunda celda sumamos el valor de la F. absoluta mayor + el segundo valor de la F. absoluta.

En la tercera celda de F. absoluta acumulada sumamos el valor anterior de la F. absoluta acumulada + el tercer valor de la F. absoluta y así sucesivamente como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Clasificación de las razones de paradas (Frecuencia absoluta acumulada)

Razones	F. Absoluta	F. absoluta acumulada
Falla Encartonadora	186	186
Falla CBP 30	167	353
Falla Acumulador Envase	72	425
Atasco salida Plegador	39	464
Falla A3 Flex	32	496
Falla de Sensor	19	515
Falla AT inductivo	11	526
HI Presión Baja	11	537
Falla calentador Solapa	10	547
Falla Codificadora	9	556
Falla ASU empalme rollo	8	564
Corrección de diseño	7	571
Falla Etiquetadora	7	578
Falla Banda Transportadora	6	584
Falla Freno Banda Transportadora	5	589
Falla Elem. SL inductivo	4	593
Equipos Auxiliares	3	596
Falla Banda transportadora Acumulado	3	599
Falla Equipo Nordson	3	602
Falla Sellado-Transversa	3	605
Falla Banda Transportadora A3	2	607
Falla Fotocélulas	2	609
Falla Laín Control	2	611
Falla Sensor Salida A3	2	613
Atasco Acumulador Envase	1	614
Empalme de Tira Roto	1	615
Falla Resistencias	1	616
Falta E. Eléctrica	1	617

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculada la F. absoluta acumulada, podemos sacar la frecuencia relativa en porcentaje de cada razón de paradas aplicando el siguiente cálculo:

$$\text{Valor F. absoluta de cada razón} / \text{valor de la suma total F. absoluta}$$

Después, tendremos que calcular la frecuencia relativa acumulada en porcentaje mismo de cada razón de paradas aplicando el siguiente cálculo:

Colocamos el primer valor de la F. relativa en la celda de la F. relativa acumulada; en la segunda celda de la F. relativa acumulada sumamos el valor de la F. relativa acumulada + el valor de la celda F. relativa. En la tercera celda de F. relativa acumulada sumamos el valor anterior de la F. relativa acumulada + el tercer valor de la F. relativa y así sucesivamente hasta que al final la suma total de la F. relativa nos dé el 100% como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Clasificación de las razones de paradas frecuencias completas

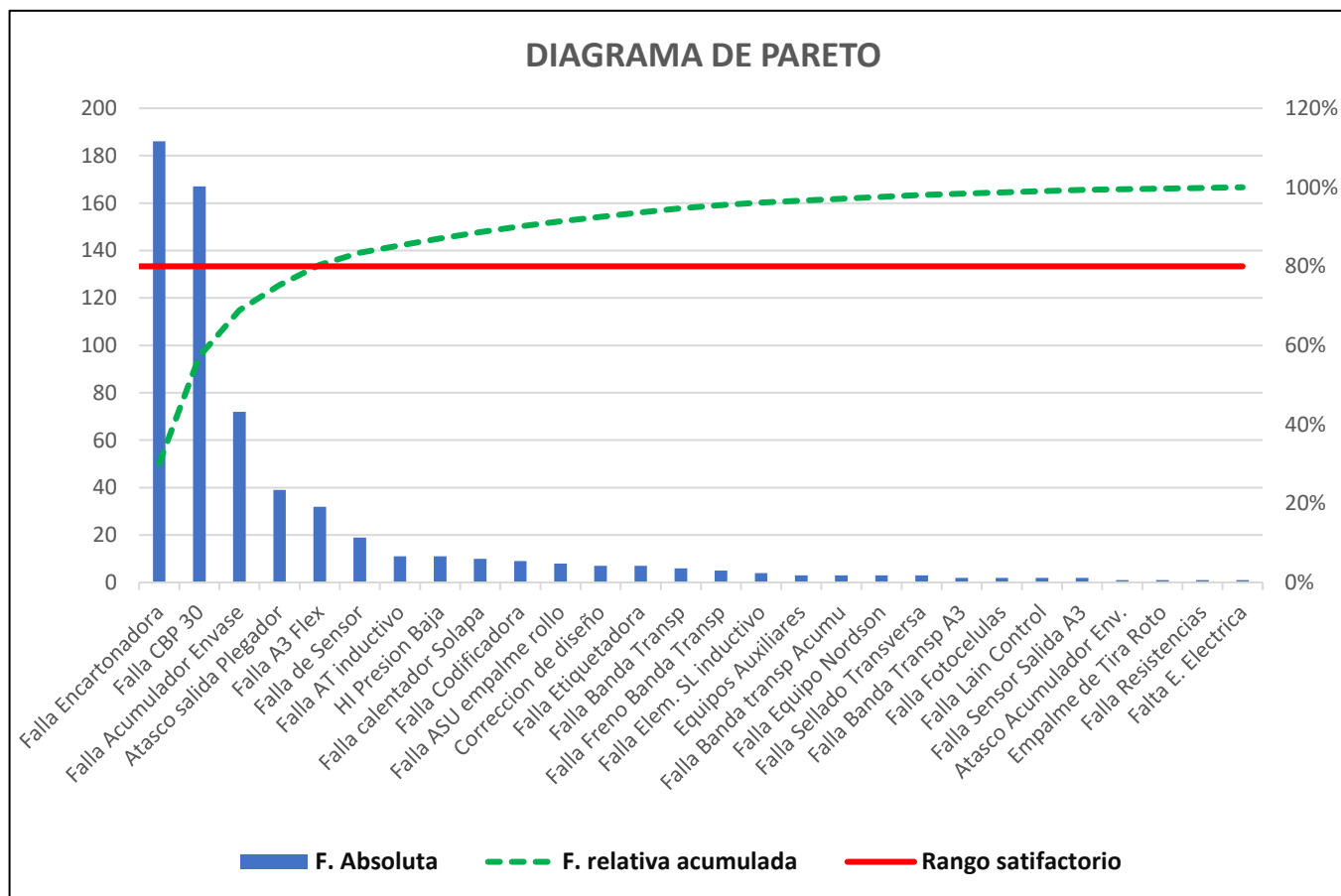
Razones	F. Absoluta	F. absoluta acumulada	F. relativa	F. relativa acumulada
Falla Encartonadora	186	186	30%	30%
Falla CBP 30	167	353	27%	57%
Falla Acumulador Envase	72	425	12%	69%
Atasco salida Plegador	39	464	6%	75%
Falla A3 Flex	32	496	5%	80%
Falla de Sensor	19	515	3%	83%
Falla AT inductivo	11	526	2%	85%
HI Presión Baja	11	537	2%	87%
Falla calentador Solapa	10	547	2%	89%
Falla Codificadora	9	556	1%	90%
Falla ASU empalme rollo	8	564	1%	91%
Corrección de diseño	7	571	1%	93%
Falla Etiquetadora	7	578	1%	94%
Falla Banda Transportadora	6	584	1%	95%
Falla Freno Banda Transportadora	5	589	1%	95%
Falla Elem. SL inductivo	4	593	1%	96%
Equipos Auxiliares	3	596	0%	97%

Falla Banda transportadora Acumulado	3	599	0%	97%
Falla Equipo Nordson	3	602	0%	98%
Falla Sellado-Transversa	3	605	0%	98%
Falla Banda Transportadora A3	2	607	0%	98%
Falla Focélulas	2	609	0%	99%
Falla Láin Control	2	611	0%	99%
Falla Sensor Salida A3	2	613	0%	99%
Atasco Acumulador Envase	1	614	0%	100%
Empalme de Tira Roto	1	615	0%	100%
Falla Resistencias	1	616	0%	100%
Falta E. Eléctrica	1	617	0%	100%
TOTAL F. ABSOLUTA	617	TOTAL F. RELATIVA	100%	

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la gráfica 6, tenemos los resultados de la mayor frecuencia de fallas que incide en la línea de producción las cuales son la “Encartonadora CAP 32” y “CBP 30”, en donde nos enfocaremos en solo estos dos equipos considerando que están en el intervalo porcentual que hemos establecido entre 40% y 60% de la frecuencia relativa acumulada.

Gráfica 6: Estadística de mayor número de frecuencia en fallas



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se hace otro análisis de Pareto para el tiempo total de paradas siguiendo los mismos procedimientos presentados anteriormente, obteniendo como resultado las fallas que inciden por horas mostrado a continuación en la tabla 10.

Tabla 10. Clasificación de las razones de paradas en horas (tiempos)

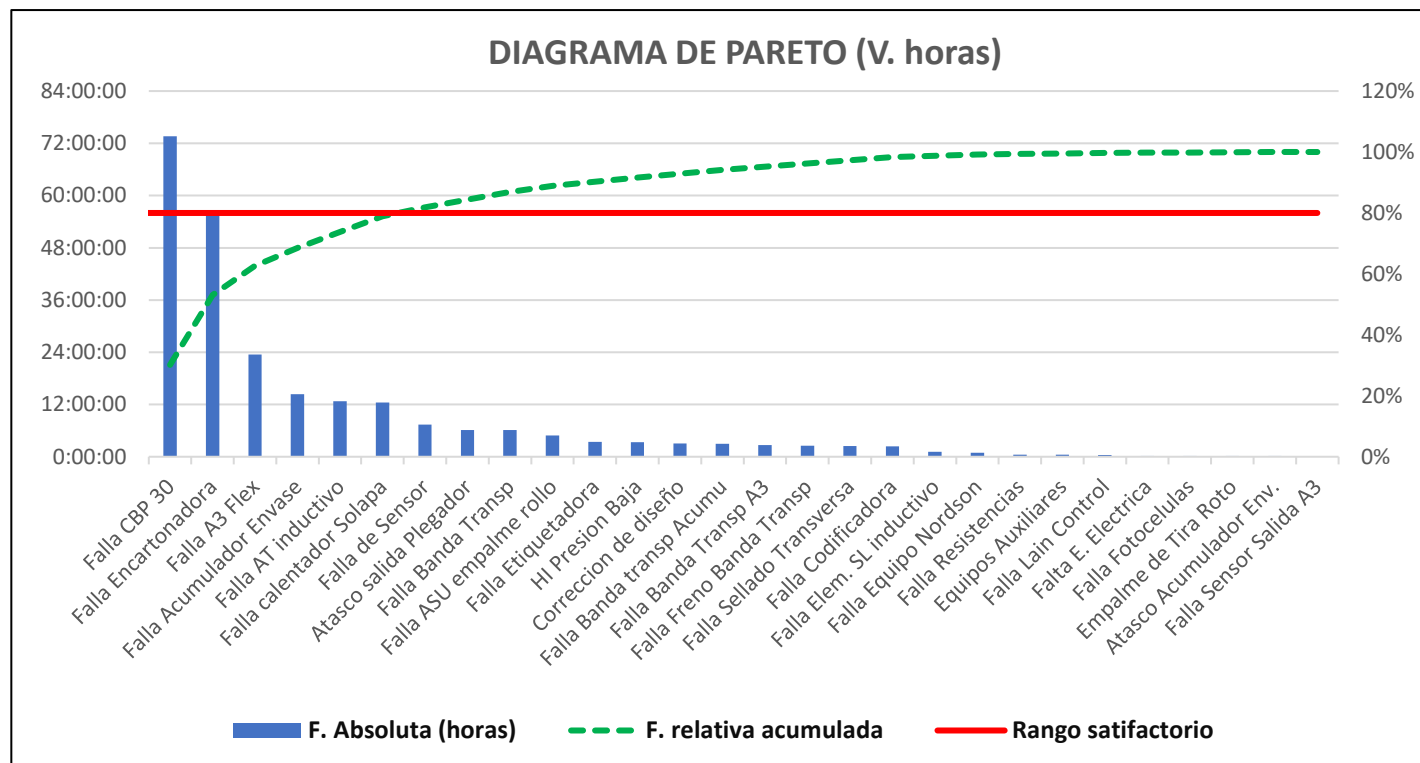
Razones	F. Absoluta (horas)	F. relativa	F. relativa acumulada
Falla CBP 30	73:37:23	30%	30%
Falla Encartonadora	55:57:29	23%	53%
Falla A3 Flex	23:28:34	10%	63%
Falla Acumulador Envase	14:21:47	6%	69%
Falla AT inductivo	12:45:55	5%	74%
Falla calentador Solapa	12:25:51	5%	79%
Falla de Sensor	7:21:12	3%	82%

Atasco salida Plegador	6:07:40	3%	84%
Falla Banda Transportadora	6:07:23	3%	87%
Falla ASU empalme rollo	4:51:39	2%	89%
Falla Etiquetadora	3:24:08	1%	90%
HI Presión Baja	3:19:39	1%	92%
corrección de diseño	3:02:55	1%	93%
Falla Banda transportadora Acumulado	3:00:08	1%	94%
Falla Banda Transportadora A3	2:40:46	1%	95%
Falla Freno Banda Transportadora	2:32:15	1%	96%
Falla Sellado-Transversa	2:29:30	1%	97%
Falla Codificadora	2:25:22	1%	98%
Falla Elem. SL inductivo	1:10:39	0%	99%
Falla Equipo Nordson	0:56:02	0%	99%
Falla Resistencias	0:28:38	0%	99%
Equipos Auxiliares	0:27:52	0%	100%
Falla Lain Control	0:23:46	0%	100%
Falta E. eléctrica	0:11:04	0%	100%
Falla Fococélulas	0:09:56	0%	100%
Empalme de Tira Roto	0:09:32	0%	100%
Atasco Acumulador Envase	0:09:03	0%	100%
Falla Sensor Salida A3	0:03:15	0%	100%
TOTAL F. ABSOLUTA (horas)	244:09:23	TOTAL F. RELATIVA	100%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede visualizar en la gráfica 7, tenemos las mismas dos fallas de mayor incidencia, pero en horas que son la “Encartonadora CAP 32” y “CBP 30”, para la cual nos centraremos en medir y analizar solo esos dos equipos.

Gráfica 7: Estadística de mayor tiempo de frecuencia en fallas



Fuente: Elaboración propia

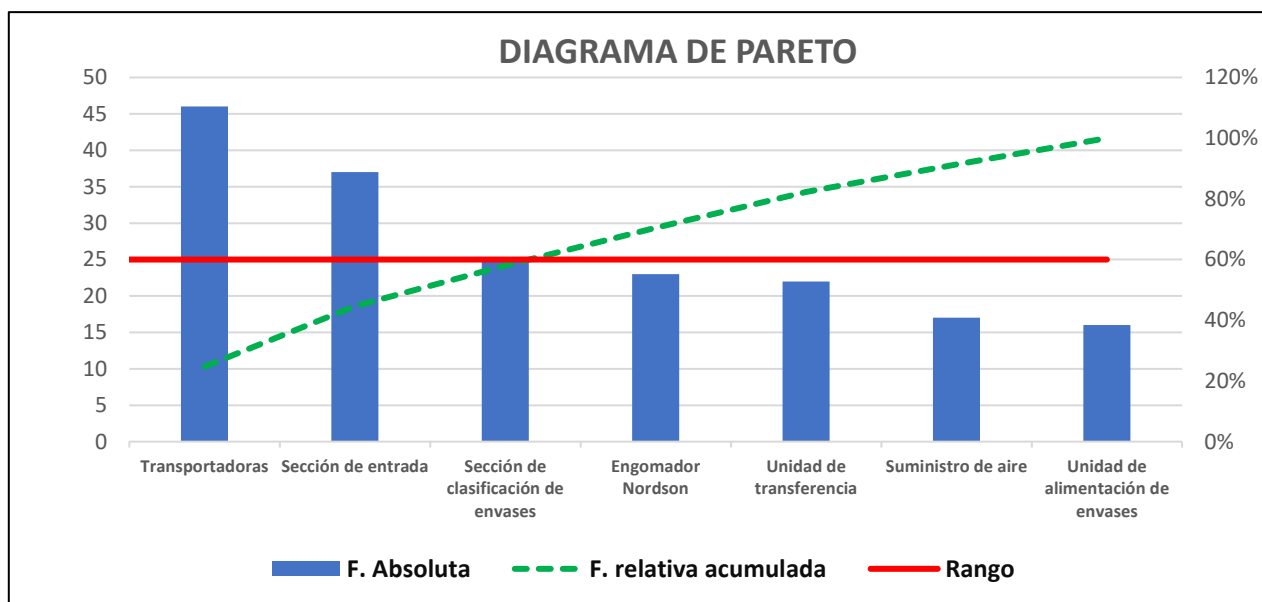
Por último, realizamos un par de diagramas de Pareto más los cuales están centrados en los dos equipos que anteriormente hemos mencionado, considerando las fallas específicas de estos. Cabe recalcar que se mantiene el mismo cálculo del Pareto para ambos casos que se determinaron:

Tabla 11. Clasificación de las fallas específicas de la CBP32

Encartonadora/CBP32	F. Absoluta	F. absoluta acumulada	F. relativa	F. relativa acumulada
Transportadoras	46	46	25%	25%
Sección de entrada	37	83	20%	45%
clasificación de envases	25	108	13%	58%
Engomador Nordson	23	131	12%	70%
Unidad de transferencia	22	153	12%	82%
Suministro de aire	17	170	9%	91%
Unidad de alimentación de envases	16	186	9%	100%
TOTAL F. ABSOLUTA	186	TOTAL F. RELATIVA	100%	

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 8: Estadística de fallas específicas de la CBP32



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la gráfica 8, las fallas específicas que inciden en el equipo Encartonadora/ CBP32 son; Transportadoras, sección de entrada, sección de alimentación de tapas, según la frecuencia relativa acumulada donde establecimos el rango satisfactorio del 60%.

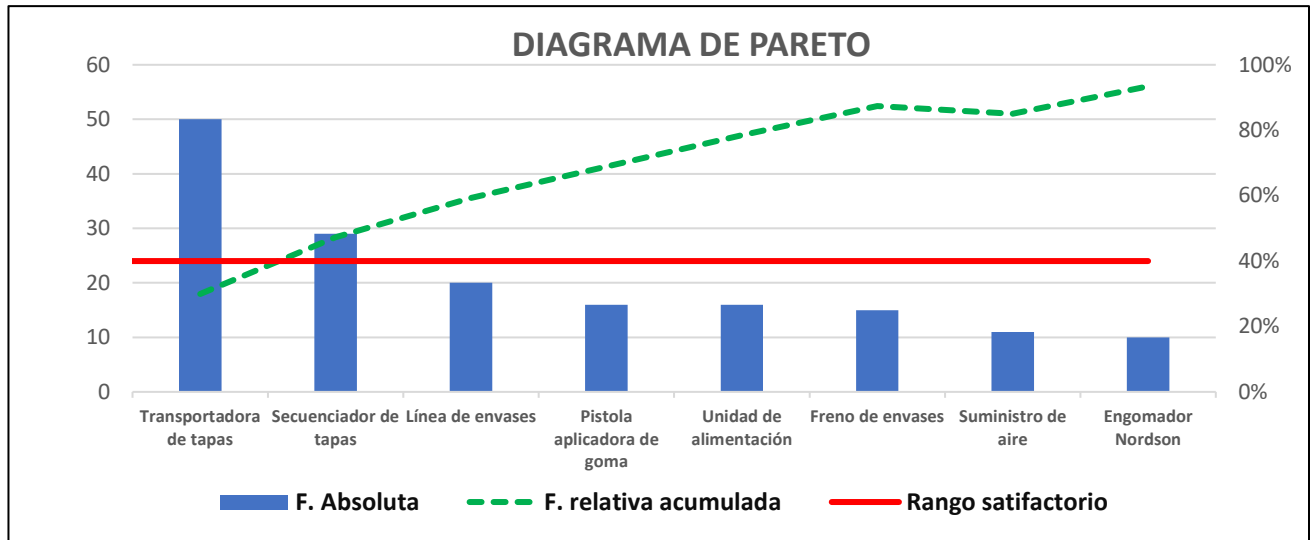
Para nuestro Pareto del equipo CAP30 obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla 12. Clasificación de las fallas específicas de la CAP30

CAP 30	F. Absoluta	F. absoluta acumulada	F. relativa	F. relativa acumulada
Transportadora de tapas	50	50	30%	30%
Secuenciador de tapas	29	79	17%	47%
Línea de envases	20	99	12%	59%
Pistola aplicadora de goma	16	115	10%	69%
Unidad de alimentación	16	131	10%	78%
Freno de envases	15	146	9%	87%
Suministro de aire	11	142	7%	85%
Engomador Nordson	10	156	6%	93%
TOTAL F. ABSOLUTA	167	TOTAL F. RELATIVA	100%	

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 9: Estadística de fallas específicas de la CAP30



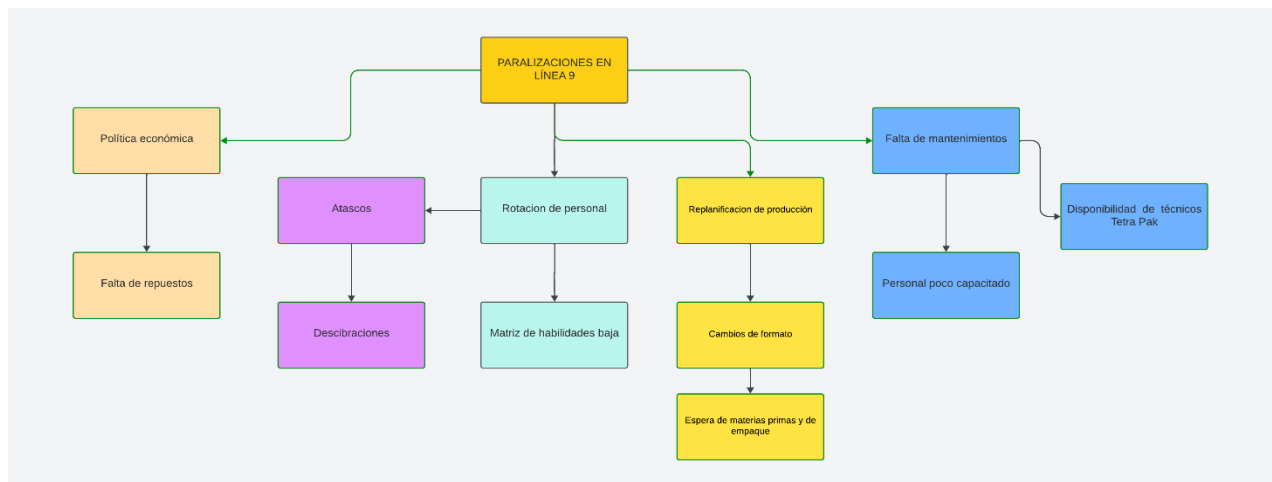
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la gráfica 9, las fallas específicas que inciden en el equipo CAP30 son; Transportadora de tapas y Secuenciador de tapas, según la frecuencia relativa acumulada donde establecimos el rango satisfactorio del 40%.

4.2 Analizar

Para este punto, se realizó la lluvia de ideas en donde como prioridad se considera que no hay mantenimientos y falta repuestos para los equipos críticos:

Figura 14: Lluvia de ideas



Fuente: Elaboración propia

De los datos obtenidos en las aportaciones de cada una de las partes involucradas directa e indirectamente en el proceso de envasado cuales son: operadores, ayudantes operativos, personal de mantenimiento, personal de bodega de repuestos y personal de material de empaques pudimos obtener los resultados que se detallan en la lluvia de ideas.

4.2.1 Política económica

Referente a este punto se puede determinar que uno de los factores más determinantes es el proceso de generación de orden de trabajo(OT) desde su creación hasta su espera para aprobación por parte de las personas involucradas tal como se detalla en la matriz de criticidad hasta la entrega de materiales por parte de personal de bodega de repuestos, esto conlleva a un tiempo de espera que va desde los 15 min y puede fácilmente llegar a pasar la hora de espera, adicional estos tiempos pueden extenderse de forma considerable en el segundo turno que es en la noche.

4.2.2 Rotación de personal

Lo que se pudo observar en sitio es que se tiene una rotación de personal alta en cuanto a personal complementario de la línea esto es en los equipos: encartonadora CBP 32, colocador de tapas CAP 30 y acumulador de envases HELIX, motivo por el cual la línea productiva acumula un gran número de paralizaciones debido a los atascos que generan descalibración y daño de elementos los mismos que en ocasiones pueden alargar los tiempos de paralizaciones ya que no se cuenta con el repuesto en planta.

4.2.3 Replanificación de la producción

Durante el levantamiento de información se evidenció que en algunos casos se tiene un retraso de la producción por replanificaciones en la elaboración de productos lo que causó que se deban realizar incluso cambios de formato los cuales se ejecutan en promedios de tiempo entre 30-40 min, esto generó que la línea no arranque en los tiempos previstos ya que al realizar estas

reprogramaciones se debe generar nuevamente ordenes de producción (OP) y se debe reiniciar cada uno de los pasos en la cadena productiva.

4.2.4 Falta de mantenimiento

- Equipos no cumplen con el mantenimiento: La línea 9 está conformada por 4 maquinarias consideradas para nuestro estudio, estas cumplen ciclos de mantenimientos cada 1000 horas estos ciclos se cumplen en ocasiones parcialmente por temas ligados a cumplimientos de plan de producción, falta de repuestos o disponibilidad de Técnicos de Tetra Pak o Field Service Engineer (FSE).
- Actividades rutinarias poco efectivas: el plan de mantenimiento actual no está aterrizado a la realidad de la línea y dentro de las actividades se evidencia que se ejecutan algunas que no agregan valor y no se están contemplando rutinas enfocadas a lubricación e inspecciones de puntos críticos por este motivo se producen desgastes prematuros de piezas las mismas que deberían tener un mayor tiempo de vida útil antes del ciclo de recambio correspondiente.
- Baja disponibilidad de equipos: por los desfases de ciclos de mantenimiento, la línea presenta un alto índice de paralizaciones por fallas asociadas a elementos afectados además es un proceso sumamente delicado que al ser aséptico y presentar algún desfase en los parámetros durante la producción automáticamente la envasadora se alarma y se requiere realizar limpieza Cleaning in Place (CIP), antes de volver a producir.
- Replanificaciones de mantenimientos: esto se da a consecuencia de las replanificaciones de producción producto de las fallas en los equipos ha generado que los mantenimientos sean cancelados y no se cumplan en los tiempos planificados, ya que la organización prioriza la cumplir con los pedidos de elaboración de productos.

- Falta de Stock de repuestos críticos: en la actualidad no se cuenta con un correcto levantamiento de los repuestos críticos motivo por el cual en algunas ocasiones se debe esperar a que se realice el pedido de repuestos los cuales en su mayoría son de la marca (Tetra Pak), lo que genera gastos adicionales por el envío de emergencia.
- Falta de herramientas para calibración: en la actualidad no se cuenta con plantillas y herramientas básicas para ejecutar ajustes y comprobaciones básicas en los equipos y para poder verificar se pide asistencia a Tetra Pak, esto en algunas ocasiones se extiende por varios días ya que depende de la disponibilidad de FSE.

4.2.5 Personal Técnico poco capacitado

Adicional tenemos los siguientes factores asociados con matriz de habilidades de personal técnico interno:

- Conocimientos escasos por falta de capacitaciones: actualmente no se realizan capacitaciones de personal tanto técnico como operativo por lo que se dificulta ejecutar las actividades por desconocimiento.
- Poco personal competente: al no contar con el entrenamiento adecuado el personal técnico no es capaz de ejecutar los correctivos de manera adecuada esto ha tenido como consecuencias paralizaciones con tiempos elevados que representan atrasos en la producción y hasta pérdida de productos.
- Personal no maneja adecuadamente los manuales de las maquinarias: los manuales de los equipos se encuentran en forma digital en la línea de producción y son de libre acceso, el personal técnico no cuenta con la capacitación adecuada para poder realizar un correcto uso

de estos instructivos y en la mayor parte del tiempo es el personal operativo el que colabora con la búsqueda de repuestos y ajustes de los equipos.

4.3 Mejoras Matriz de criticidad

Luego de realizado el respectivo análisis de las fallas de la línea de producción número 9 obtuvimos que las de mayor incidencia y que afectan a la eficiencia de la productividad son:

- Encartonadora CBP 32 aporta con un 30% del total de fallas.
- Aplicador de tapas CAP 30 aporta con un 27% del total de las fallas.

Mediante los datos obtenidos podemos realizar un análisis mediante matriz de criticidad donde nuestro enfoque de medición será facilidad de implementar los mantenimientos a estos equipos vs la inversión requerida para ser implementada, tomando en cuenta que se tiene que considerar ciertos parámetros para evaluar al momento de intervenir los equipos y sus componentes, esto dependerá del stock que se tenga en bodega, el valor del componente y la planificación para intervenir (generalmente se realizan los mediados de semana), ya que es una línea que ayuda a bajar los niveles de materia prima (leche), durante los fines de semana.

Ponderación para evaluar:

Tabla 13. Ponderación de matriz de criticidad

Facilidad de Implementar			Inversión/Aprobación		
1	3	5	5	3	1
Dificultad Alta	Dificultad Media	Dificultad Baja	\$501 En Adelante	\$101 A \$500	\$1 A \$100

El criterio de evaluación utilizado para implementar los mantenimientos corresponde a un nivel de criticidad ≤ 9

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra a continuación se realiza al análisis de criticidad de la encartonadora CBP 32, facilidad de implementación vs costo de inversión.

Tabla 14. Matriz de criticidad de mantenimiento encartonadora

Actividades de mantenimiento Encartonadora CBP32	Factores Evaluados			
	Facilidad de implementar	Inversión	Total F I* I	Criticidad
Mantenimiento a sección engomador Nordson	5	5	25	B
Mantenimiento a sección de alimentación	5	5	25	B
Mantenimiento a sección unidad de transferencia	5	5	25	B
Mantenimiento a sección Unidad de transferencia de envases	5	5	25	B
Mantenimiento a sección clasificación de envases	3	5	15	B
Mantenimiento a sección suministro de aire	3	3	9	M
Mantenimiento a sección transportadora	5	1	5	A

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra a continuación se realiza al análisis de criticidad del Aplicador de tapas CAP 30, facilidad de implementación vs costo de inversión.

Tabla 15. Matriz de criticidad de mantenimiento CAP 30

Actividades de mantenimiento CAP30	Factores Evaluados			
	Facilidad de implementar	Inversión	Total F I* I	Criticidad
Mantenimiento a sección transportadora de tapas	5	5	25	B
Mantenimiento a sección posicionador de tapas	5	5	25	B
Mantenimiento a sección freno de envases	3	5	15	B
Mantenimiento a sección suministro de aire	3	3	9	M
Mantenimiento a sección engomador Nordson	3	3	9	M
Mantenimiento a sección pistola aplicadora de goma	1	3	3	A
Mantenimiento a sección unidad de alimentación	1	1	1	A

Fuente: Elaboración propia

4.4 Control

Una vez que conocemos los equipos que inciden mayores fallas, procedemos a obtener un checklist de mantenimientos para ayudarnos a controlar cuántos mantenimientos planificamos y ejecutamos a largo plazo, como se muestra en la tabla 16 descrito:

Tabla 16. Checklist de mantenimientos de equipos con mayor incidencia de fallas

SEGUNDO SEMESTRE 2023							
Equipos	#Mantenimiento planificado	Frecuencia en horas	Fecha planificada	#Mantenimiento ejecutado	Fecha ejecutada	Porcentaje	Revisado
Encartonadora	1	1000	07/08/2023	1	07/08/2023	100%	✓
CBP 30	1	1000	07/08/2023	1	07/08/2023	100%	✓
Encartonadora	1	1000	11/12/2023	1	22/01/2024	100%	✓
CBP 30	1	1000	11/12/2023	1	22/01/2024	100%	✓
Total	4			4		100%	✓

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, por medio de una gestión documental tenemos las órdenes de trabajo que se ha implementado como medida de control (véase Anexo 1).

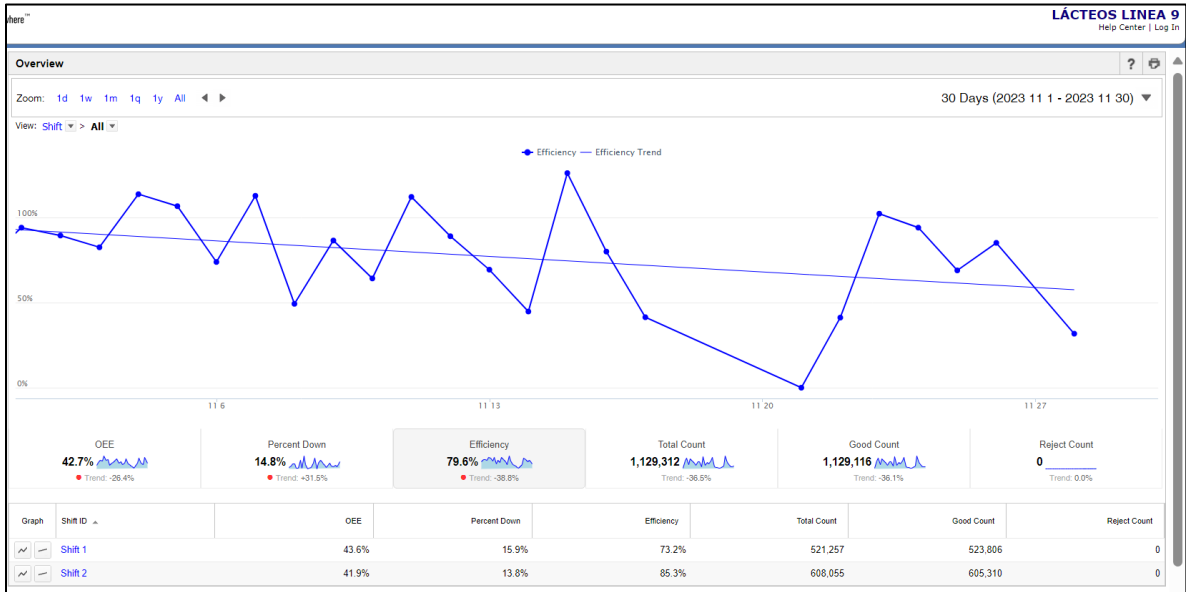
Con la generación de la orden de trabajo número 722694116 para la encartonadora CBP32 fueron agregados los ítems levantados como críticos en el presente trabajo (véase Anexo 2 y Anexo 3).

Así mismo, se crea la orden de trabajo número 722685084 para el aplicador de tapas CAP 30 (véase Anexo 4).

En estos documentos se colocan los repuestos a ser reemplazados y las actividades a ejecutar en el equipo (véase Anexo 5 y Anexo 6).

Como se puede observar en la figura 15 tenemos los resultados del segundo periodo en donde no existía un buen plan de mantenimiento:

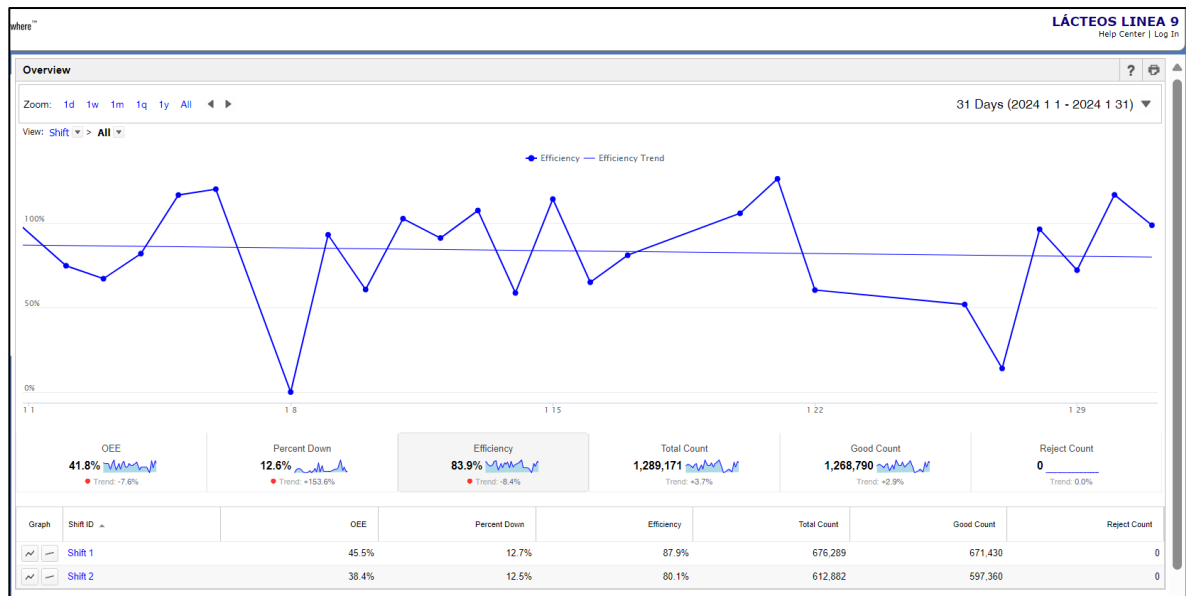
Figura 15: Resultados sin la implementación del plan de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Para finalizar tenemos en la figura 16, los resultados donde se puede observar las mejoras en porcentaje de eficiencia cuando se implementó el plan de mantenimiento propuesto en el presente documento.

Figura 16: Resultados de la implementación del plan de mantenimiento propuesto



Fuente: Elaboración propia

CRONOGRAMA

Tabla 17. Cronograma de actividades – trabajo de titulación

Cronograma de actividades - Trabajo de Titulación																								
Actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
	Semanas																							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Análisis y levantamiento de disposición de cada componente en la línea	X	X																						
Levantamiento de información de la línea de producción			X	X																				
Seguimiento de actividades ejecutadas antes, durante y post producción					X	X	X																	
Realizar estudio de los puntos críticos de la línea de producción								X	X															
Revisar estadística de las fallas obtenidas en la línea										X														
Análisis de los tiempos de las fallas obtenidas en la línea											X													
Implementación de las metodologías establecidas												X	X	X	X	X								
Seguimiento de las implementaciones acorde a las metodologías																	X	X						
Resultados de implementación de las metodologías establecidas																			X	X				
Revisión de los resultados de la implementación																				X	X			
Conclusión y Recomendaciones del plan propuesto																							X	X

Fuente: Elaboración propia

PRESUPUESTO

Tabla 18. Presupuesto del trabajo de titulación

PRESUPUESTO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		
Inversión en dólares USD		
Desglose de costos	Detalle	Valor
Entrenamientos	CAP 30, impartido por Tetra Pak	\$8,600.00
	CBP 32, impartido por Tetra Pak	\$7,700.00
Movilización	Taxi, combustible	\$ 800.00
Material para la capacitación	Trípticos, esferos, proyector	\$ 100.00
Equipos de Protección Personal	Guantes, calzado y gafas de seguridad	\$ 150.00
Gastos Varios	Alimentación, entre otros.	\$ 130.00
Presupuesto Total		\$17,480.00

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Con estos resultados que hemos obtenido a lo largo de las metodologías aplicadas, se observa la importancia de llevar un buen plan y control para estos eventos que puede presentarse recurrentemente a lo largo del tiempo en la línea de producción. A su vez, se concluye que la mejora de control de repuestos y planes de mantenimiento a permitido una gran satisfacción e impacto positivo en la línea productiva, por este motivo se estará aplicando a las demás líneas de la compañía.

También es muy importante resaltar que uno de los puntos críticos de control se debe ejecutar mediante las actividades de rutinas de inspección y mantenimientos semanales de los equipos de la línea productiva y en cualquier línea donde se desee aplicar las mejoras propuestas, un buen análisis tanto de los datos obtenidos como una correcta aplicación de la matriz de criticidad para determinar que equipos es necesario intervenir y las secciones donde se deben ejecutar los correctivos es uno de los pasos más importantes para un buen funcionamiento de los equipos.

El costo de la inversión para ejecución de los mantenimientos dependerá según la estructura del equipo y los materiales existentes y faltantes al momento de realizar el levantamiento de repuestos y también se debe considerar la mano de obra que en el caso de la línea 9 son altos debido a que se pide servicios directamente de Tetra Pak.

RECOMENDACIONES

Para dar una mejora a este plan se recomienda considerar o ampliar el control de mantenimientos a los elementos críticos de las diferentes máquinas que contemplan la línea 9, a través de una implementación de control basado en estadística de fallas (paradas) como se lo ha desarrollado en el presente documento.

Otra recomendación es implementar una gestión de rutinas con las áreas de producción socializando la importancia de realizar los mantenimientos necesarios para las máquinas y/o equipos prioritarios.

A su vez, tomar en cuenta implementar por medio de planificaciones, inspecciones, ajustes y limpieza de los equipos. Llevar una gestión documental correcta y adecuada para obtener mejores análisis de la producción y controlar las situaciones que podrían presentarse en la línea. Mantener al personal calificado y apto para realizar las actividades específicas a los equipos por medio de capacitaciones, charlas y/o entrenamientos. Adicionalmente, integrar el tema de controles de calidad en el plan de mantenimiento, como pruebas de funcionamiento, calibraciones a los equipos y análisis microbiológicos con la finalidad de garantizar la calidad y seguridad del producto final.

Intervenir en la gestión de los repuestos, por medio de inventarios de componentes y piezas adecuadas o críticos para minimizar los tiempos de inactividad en caso de fallas (paradas), con el objetivo de priorizar la disponibilidad de los repuestos de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arrizabala gauriarte.* (20 de 2 de 2019). Obtenido de Arrizabala gauriarte: Implementando exitosamente 5S en tu Organización - Parte I: Seiri - Arrizabalaga Consulting 4.0 Agile (arrizabalagauriarte.com)
- BORTOLOTTI, S. (23 de 12 de 2014). *iebschool*. Obtenido de <https://www.iebschool.com/blog/metodo-de-las-5-s-agile-scrum/>
- Calidad Total.* (17 de 03 de 2019). Obtenido de Calidad Total: <https://ctcalidad.blogspot.com/2019/03/implementando-5s-en-tu-organizacion.html>
- Carlos, R. (2020). *Mantenimiento Industrial*. Cordoba: ed. Córdoba: Jorge Sarmiento Editor - Universitas.
- CATRECASAS, L. (2022). *MANUAL DE ORGANIZACIÓN E INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE OPERACIONES*. BARCELONA: PRFIT EDITORIAL 1.
- ESI, S. D. (2023). *GMPSL*. Obtenido de GMPSL: <https://gmpl.es/5-factores-imprescindibles-que-debes-tener-en-cuenta-para-elaborar-un-plan-de-mantenimiento-preventivo/>
- Eurofins environment testing.* (7 de 8 de 2023). Obtenido de Eurofins environment testing: <https://www.eurofins-environment.es/es/en-que-consiste-el-metodo-de-las-5/>
- GALLARA, I., & PONTELLI, D. (2020). *Mantenimiento Industrial*. Cordoba: ed. Córdoba: Jorge Sarmiento Editor - Universitas.
- inter2000mecanizados.* (3 de 03 de 2020). Obtenido de inter2000mecanizados: <https://www.inter2000mecanizados.com/post/metodologia-de-gestion-de-calidad-5s-y-9s>
- Mejia Roque, Y. A. (2021). <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12353>. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12353>
- mudanai.* (13 de 1 de 2022). Obtenido de mudanai: <https://blog.mudanai.org/kaizen-mejora-continua/calidad/dmaic-que-es-y-cuales-son-sus-pasos/>
- OLIVERIO, G. P. (2012). *GESTIÓN MODERNA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL*. BOGOTÁ: EDICIONES DE LA U.
- PEÑALOZA, G. (2022). *MANTENIMIENTO INDUSTRIAL APLICADO*. BUENOS AIRES: IMAGINANTE.
- Raya, F. J. (2016). *Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial*. MALAGA: IC EDITORIAL.
- shinkamanagement.* (6 de 2021). Obtenido de shinkamanagement: <https://shinkamanagement.com/es/la-importancia-de-las-5s-la-segunda-s-seiton-ordenar/>
- SIFONTE, J. R. (04 de 04 de 2017). *pdmtechusa*. Obtenido de <https://pdmtechusa.com/criterios-evaluacion-rcm/#:~:text=El%20prop%C3%B3sito%20de%20la%20norma%20SAE%20JA1011%2C%20publicada,se%20considere%20un%20m%C3%A9todo%20en%20conformidad%20con%20RCM.>
- SOCCONINI, L. (2019). *LEAN MANUFACTURING PASO A PASO*. BARCELONA: MARGE BOOKS.

spcgroup. (8 de 9 de 2023). Obtenido de spcgroup: <https://spcgroup.com.mx/5s/>

Tecnología para la industria. (6 de 2019). Recuperado el 3 de 10 de 2023, de Tecnología para la industria: <https://tecnologiaparalaindustria.com/formula-de-la-eficiencia-de-una-maquina/>


Victor Gisbert Soler, A. I. (2018). *Cuadernos de investigación aplicada*. España. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7173589>


Zeper. (2023). Recuperado el 2 de 11 de 2023, de Zeper: <https://zeper.app/beneficios-de-aplicar-la-metodologia-5s/>

ANEXOS

Anexo 1: Orden de trabajo de encartonadora CBP32

Visualizar MTO PREVENTIVO MAQUINARIA 722694116: Cabecera central

Orden: 

Stat.sist.: 

Datos cab. | Oper. | Componentes | Costes | Objetos | Datos adic. | Emplaz. | Planific. | Control

Responsable

Gpo.plan. /


Rs.pto.tr. /


Fechas


Inic.extr.

Fin extr.


Objeto de referencia

Ubic.téc. 






Primera operación

Operación 

PtoTrab/Ce / MAF

TrabInvert Comp.

Nº pers.



Fuente: SAP de empresa láctea

Anexo 2: Listado 1 -2 de materiales utilizados en mantenimiento de encartonadora CBP32

Visualizar Documento de material 4956490615 - Edison Mauricio Macias

Activar resumen | Retener | Verificar | Contabilizar | Ayuda

Visualizar | Documento de ma... | 4956490615 | 2024

General | Info doc. | Datos Adicionales

Fecha documento: 12.01.2024 | Vale material: DANNY GUZMAN
 Fecha contab.: 12.01.2024 | Txt.cab.doc.:
 Vale colectivo

Línea	Txt.breve mat.	Ctd.en UME	U...	Almacén	Orden
1	GUARNICION 1499170-0000	1	UN	General	722695100
2	O RING 41X1.78MM FDA 3-A 351517-1041	2	UN	General	722695100
3	SEALING RING 18.6X35X2MM 90214-0303	2	UN	General	722695100
4	BEARING W6202 2RS 15X35X11MM 90458-1704	2	UN	General	722695100
5	CASQUILLO 1548751-0000	1	UN	General	722695100
6	RODILLO DE ACCIONAMIENTO 3006271-0000	1	UN	General	722695100
7	PARALLEL KEY 6X6X40 315705-0239	1	UN	General	722695100
8	JUNTA TORICA 44.17X1.78MM 351517-1044	1	UN	General	722695100
9	JUNTA TORICA 114.02X1.78MM 351517-1114	1	UN	General	722695100
10	JUNTA TORICA 55.25X2.62MM 351517-2055	1	UN	General	722695100
11	SEALING RING 18.6X35X2MM 90214-0303	1	UN	General	722695100
12	BEARING W6202 2RS 15X35X11MM 90458-1704	1	UN	General	722695100
13	ANILLO GUARNICION 30X40X7 90459-1650	1	UN	General	722695100
14	BALL BEARING 906085674	1	UN	General	722695100
15	CASQUILLO 3004044-0000	4	UN	General	722695100

Fuente: SAP de empresa láctea

Anexo 3: Listado 2-2 de materiales utilizados en mantenimiento de encartonadora CBP32

Visualizar reserva 0025226137: Resumen							
Detalles desde posición							
Cl.movimiento		<input type="text" value="261"/>	para orden				
Orden		<input type="text" value="722694116"/>	PM PREVENTIVO CICLO 18K ENCARTONADORA 32				
Posiciones							
Pos	Ctd.necesari	UMB	Material	Ce.	Alm.	Lote	Fecha nec.
	Cantidad toma		Texto breve de material			Mov	SaF Bor D/H
1	2	UN	11007154	6701			15.01.2024
	2	UN	CORREA TIEMPO TK5K6 800X50 9...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
2	2	UN	11007154	6701			15.01.2024
	2	UN	CORREA TIEMPO TK5K6 800X50 9...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
3	1	UN	11009904	6701			15.01.2024
	1	UN	CARTUCHO DE FILTRO MS6-LFP-E ...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
4	2	UN	11017289	6701			15.01.2024
	2	UN	AMORTIGUADOR 2787843-0000			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
5	2	UN	11015612	6701			15.01.2024
	2	UN	TRANSPORTADOR LFCL42-RB 906...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
6	4	PZA	11092418	6701			15.01.2024
	4	PZA	LUBRICATOR 56X43 AC TEPAK 60...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
7	1	PZA	11090477	6701			15.01.2024
	1	PZA	CHAIN TETRA 3275931-0000			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
8	2	PZA	11090478	6701			15.01.2024
	1	PZA	ROLLER SERIES 1700 TETRA 905...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
9	4	UN	11089705	6701			15.01.2024
	4	UN	RODILLO SERIES 1700 90532-09...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
10	1	UN	11015288	6701			15.01.2024
	1	UN	ANILLO DE RETENCION 315751-0...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
11	1	UN	11010724	6701			15.01.2024
	1	UN	ANILLO DE RETENCION BR30INA ...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
12	2	UN	11015290	6701			15.01.2024
	2	UN	COJINTE DE BOLAS 90603-4534			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H
13	4	UN	11015287	6701			15.01.2024
	4	UN	RUEDA DENTADA 2750061-0000			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> H

Fuente: SAP de empresa láctea

Anexo 4: Orden de trabajo de colocador de tapas CAP30

Visualizar MTO PREVENTIVO MAQUINARIA 722685084: Cabecera central

Orden: MP01 722685084 PM PREVENTIVO COLOCADOR TAPAS CICLO 18K

Stat.sist.: CTEC NOTI IMPR DMNV EDET MOVN NLIQ PR...

Datos cab. Oper. Componentes Costes Objetos Datos adic. Emplaz. Planific. Control

Responsable

Gpo.plan. M01 / 6701 PLAN_MAQ_1
 Rs.pto.tr. MGYEPMT1 / 6701 PLANIFICADOR D...
 Aviso:
 Cl.actv.PM: M18 ACTIVIDADES ...
 EstdInstal:

Fechas

Inic.extr. 29.11.2023 Prioridad:
 Fin extr. 02.12.2023 Revisión:

Objeto de referencia

Ubic.téc. EC-A-RSUR-6701-M-EV-L009 ENVASADO TETRAPAK TPA 750-100...
 Equipo: 2013056 APLICADOR TAPAS TETRAPAK CAP-30
 Conjunto:

Primera operación

Operación: CAMBIO DE PARTES EN UNIDAD APLICADORA ClvCá: Calcular trabajo:
 PtoTrab/Ce: MGYEPMT1 / 6701 ClvCtrl: PM01 Cl.actv.: MOMTOI MAF
 TrabInvert: 12.0 H Cantidad: 1 Dur.oper.: 12.0 H Comp.
 Nº pers.: 0

Fuente: SAP de empresa láctea

Anexo 5: Actividades a realizar en colocador de tapas CAP30

Visual.MTTO PREVENTIVO MAQUINARIA 722685084: Resumen operaciones

Orden:

Stat.sist.: CTEC NOTI IMPR DMNV EDET MOVN NLIQ PR..

Datos cab. | Oper. | Componentes | Costes | Objetos | Datos adic. | Emplaz. | Planific. | Control

Op.	SOp	PstoTbjo	Ce...	Cl...	CvMod	E..	Txt.br.v.operación	T...	Trabajo real
0010		MGYEPMI1	6701	PM01			CAMBIO DE PARTES EN UNIDAD APLICADORA		12.000
0020		MGYEPMI1	6701	PM01			CAMBIO DE PARTES EN TRANSPORTADOR		3.000
0030		MGYEPMI1	6701	PM01			CAMBIO DE PARTES EN CLASIFICADOR Y SECUE		8.000
0040		MGYEPMI1	6701	PM01			CAMBIO DE PARTES EN CUERPO DE LA MAQUINA		4.000
0050		MGYEPMI1	6701	PM01			CAMBIO DE PARTES EN PACKAGE LINE		4.000
0060		MGYEPMI1	6701	PM01			CAMBIO DE PARTES EN EMPUJADOR		6.000
0070		MGYEPMI1	6701	PM01			CAMBIO DE PARTES EN APLICADOR		2.000
0080		MGYEPMI1	6701	PM01			CAMBIO DE SENSOR DE DETECCION ENVASE		1.000
0090		MGYEPMI1	6701	PM01			CAMBIO DE SENSOR DE DESCARTE ENVASE		1.000
0100		MGYEPMI1	6701	PM01			HABILITACION DE PARO DE EMERGENCIA		0.500

Fuente: SAP de empresa láctea

Anexo 6: Repuestos cambiados en colocador de tapas CAP30

Visual.MTTO PREVENTIVO MAQUINARIA 722685084: Resumen de componentes												
Orden: MP01 2685084 PM PREVENTIVO COLOCADOR TAPAS CICLO 18K												
Stat.sist.: CTEC NOTI IMPR DMNV EDET MOVN NLIQ PR...												
Datos cab.	Oper.	Componentes	Costes	Objetos	Datos adic.	Emplaz.	Planific.	Control				
Po...	Componente	Denomin.	T...	Ctd.neces.	UM	T..	S..	Alm.	Ce.	Op.	Lote	Tpo.aprovision.
0010	11007167	RUEDA 1556630-0000			36	UN	L		6701	0010		Reserva para orden
0020	11090470	TORNILLO AJUSTE TETRA M4X6 31231...			24	PZA	L		6701	0010		Reserva para orden
0030	11007168	CASQUILLO BRIDA W300 12X14 321154-...			24	UN	L		6701	0010		Reserva para orden
0040	11090275	COJINETE LINEAL 12X21X30 700001538...			24	PZA	L		6701	0010		Reserva para orden
0050	11021594	ANILLO DE RETENCION 90600-0373			48	UN	L		6701	0010		Reserva para orden
0060	11092420	CAP HOLDERS AC TEPAK 1284157-0013			1	PZA	L		6701	0010		Reserva para orden
0070	11007689	RUEDA CAP 1556626-0000			12	UN	L		6701	0010		Reserva para orden
0080	11007688	DISCO DENTADO CAP 2703673-0000			6	UN	L		6701	0010		Reserva para orden
0090	11007727	FOLLOWER ARM 2983297-0000			6	UN	L		6701	0010		Reserva para orden
0100	11007721	TENSION SPRING CAP 3034434-0000			6	UN	L		6701	0010		Reserva para orden
0110	197083	TUERCA EXAGONAL 312812-0312			12	UN	L		6701	0010		Reserva para orden
0120	11074902	TUERCA HEX. NY-LOCK M5 3128120314			6	UN	L		6701	0010		Reserva para orden
0130	11007722	ALAMBRE AWM 1X2.5MM 321155-0062			24	UN	L		6701	0010		Reserva para orden
0140	11015570	BELT 3365207-0000			1	UN	L		6701	0020		Reserva para orden
0150	11015607	RODAMIENTO DE BOLAS 10/26X8 34422...			4	UN	L		6701	0020		Reserva para orden
0160	11010726	BALL BEARING 344224-0203			1	UN	L		6701	0020		Reserva para orden
0170	191189	RETAINING RING FOR SHAFT 10S5 9014...			12	UN	L		6701	0020		Reserva para orden
0180	11015606	RODAMIENTO DE BOLAS 10/19X5 90603...			4	UN	L		6701	0020		Reserva para orden
0190	11007166	PALANCA 2730989-0000			4	UN	L		6701	0030		Reserva para orden
0200	11011189	PASADOR 2780361-0000			1	UN	L		6701	0030		Reserva para orden
0210	11011230	PASADOR 2780362-0000			2	UN	L		6701	0030		Reserva para orden
0220	11074902	TUERCA HEX. NY-LOCK M5 3128120314			6	UN	L		6701	0030		Reserva para orden
0230	11007400	ARANDELA 7089-5-200 315106-0146			6	UN	L		6701	0030		Reserva para orden
0240	11004821	CASQUILLO BRIDA 321158-0060/321154...			14	UN	L		6701	0030		Reserva para orden
0250	11004820	CASQUILLO C/BRIDA 321158-0142			2	UN	L		6701	0030		Reserva para orden
0260	11015804	JUNTA 3108497-0000			1	UN	L		6701	0030		Reserva para orden
0270	11007159	CARTUCHO FILTRO MS6-LFX 90459-3810			2	UN	L		6701	0040		Reserva para orden
0280	11007160	CARTUCHO FILTRO MS6-LFM-A 90459-38...			2	UN	L		6701	0040		Reserva para orden
0290	11007161	CARTUCHO FILTRO MS6-LFM-B 90459-38...			2	UN	L		6701	0040		Reserva para orden

Fuente: SAP de empresa láctea