



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**ACTUALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS
Y PLANES DE MANTENIMIENTO**

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTA:
CAMILO ESPINOZA PACHECO**

**NOMBRE DEL ASESOR:
MTRO. ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA**



APIZACO, TLAX., NOVIEMBRE 2024

Apizaco, Tlaxcala, 15/octubre/2024

Oficio No. MM-717/2024.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

CESAR REYNALDO RAMOS GÓMEZ
JEFE DE LA DIV. EST. PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno [a]:	CAMILO ESPINOZA PACHECO
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	19370735
Nombre del Proyecto:	"ACTUALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y PLANES DE MANTENIMIENTO"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar



JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. METAL-MECÁNICA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA



ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA
ASESOR

c.p.- Expediente
Archivo.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Apizaco, Tlaxcala, 05/noviembre/2024

ESPINOZA PACHECO CAMILO.
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA.
CON NÚMERO DE CONTROL 19370735.
PRESENTE.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **ACTUALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y PLANES DE MANTENIMIENTO** conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar 2 USB del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepcion Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido de Usted.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica-
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

CÉSAR REYNALDO RAMOS GÓMEZ.
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

ccp. Archivo

CRRG/rls



Agradecimientos

Agradezco principalmente a dios por la vida, la salud y el amor de mis seres queridos.

Agradezco al amor incondicional de mi familia, a mis padres que me han ayudado tanto, gracias por todo, a pesar de las fallas que he cometido han estado allí para apoyarme, gracias, papá y mamá por todo el amor, el apoyo, los regaños, los consejos. También a mi hermana y cuñado, gracias por todos sus consejos, apoyo y enseñanzas.

También agradezco a los amigos que conocí en el transcurso de la carrera: tantas cosas que vivimos juntos, fue increíble conocerlos los quiero mucho.

Agradezco al Ing. Israel Negrete, a la Ing. Perla Castro y al Ing. Julio Castillo gracias por el apoyo, las enseñanzas, los consejos y la amistad ofrecida durante mi estancia como practicante, también a todas aquellas personas que me ayudaron, me orientaron y enseñaron, gracias enormes a Grupo Rica por permitirme laborar y desarrollarme en su organización.

Gracias a mi asesor Mtro. Enrique Acoltzi Bautista por su guía y orientación en la realización de este proyecto

Gracias a aquellas personas que me ofrecieron su amistad, consejos y vivencias, a aquellos maestros que me brindaron su conocimiento, entusiasmo y el amor por la carrera.

Índice

Resumen	5
Generalidades del Proyecto	7
Introducción.....	7
Descripción de la empresa u organización.....	7
Problemas a resolver	9
Delimitación del proyecto	10
Objetivo	11
Objetivos específicos	11
Justificación.....	12
Marco teórico.....	13
Descripción del proceso de embotellado	13
Sopladora PET estirado-soplado	14
Transportador aéreo	16
Máquina de Etiquetado	17
Llenadora automática	18
Maquina Empacadora.....	19
Maquina Paletizadora	21
Mantenimiento industrial	22
Mantenimiento correctivo.....	24
Mantenimiento Preventivo	24
Mantenimiento Predictivo.....	25
Falla	25
Análisis de fallas	26
Técnicas de análisis de riesgo de fallas.....	28

Análisis de causa Raíz	29
Análisis Árbol de fallos (FTA, Failure Tree Analysis)	30
Diagrama 5 ¿Why´s?	31
Diagrama de Ishikawa	32
SCAT (Systematic Cause Analysis Technique)	33
Desarrollo	36
Resultados	39
Conclusiones del proyecto	48
Competencias desarrolladas	50
Fuentes de información	51
Anexos	53
Plano disposición de equipos - Línea Producción 1.....	53
Plano disposición de equipos - Línea Producción 2.....	54
Plano disposición de equipos - Línea Producción 3.....	55
Plano disposición de equipos - Línea 4 (Bloque)	56
Diagrama de ubicación motores principales en sopladoras de Líneas de Producción	57
Diagrama de ubicación motores principales en Empacadora de Líneas de Producción	58
Diagrama de ubicación motores principales en Paletizadora de Líneas de Producción	59
Tabla de fallos principales en Sopladora	60
Tabla de fallos principales en Llenadora.....	65
Tabla de fallos principales en Paletizadora.....	69
Tabla de fallos principales en Empacadoras.....	71
SCAT para fallas en Sopladoras	74

SCAT para fallas en Llenadora	75
SCAT para fallas en Paletizadoras	76
SCAT para fallas en Empacadora.....	77

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad la actualización de los planes y procedimientos con los que actualmente cuenta la organización Embotelladora las Margaritas.

La organización tiene establecidos planes de mantenimiento, correctivo, predictivo, planes autónomos y procedimientos de atención a fallas, que permiten mantener una operación continua de los diversos equipos que componen sus líneas de producción. Sin embargo y debido a diferentes aspectos (cambios y actualización en su estructura organizacional, incidencia continua de fallas en equipos críticos, la necesidad del departamento de mantenimiento de disminuir los tiempos de paro por fallos, entre otros) es indispensable actualizar estos planes a fin de mejorar la eficiencia mecánica de los equipos y la confiabilidad de estos.

Para ello se analizó a detalle el proceso productivo con el que cuenta la planta de embotellado, enfocándose en el mantenimiento y atención de fallas de las líneas de producción denominadas Línea 1, Línea 2, Línea 3 y Línea Bloque.

Se identificaron los diferentes equipos, motores y tableros presentes en las líneas de producción antes mencionadas, con esta información se elaboraron planos en AutoCAD que permitieran ubicar los diferentes equipos además de identificar aquellos que aún no se encontraban contemplados en los diferentes planes de mantenimiento establecidos en la planta.

Basándonos en los reportes de fallas realizados por los coordinadores de mantenimiento, se identificaron las fallas del equipo crítico que componen dichas líneas de producción, se identificaron aquellas con más recurrencia o aquellas con tiempos de paro por falla más significativos.

A continuación, y mediante la metodología de análisis de causa raíz y más concretamente mediante la metodología SCAT o TASC (Análisis Sistemático de la Cadena Casual), la información recopilada de los diferentes procesos de mantenimiento, los manuales de operación y diversas entrevistas a encargados de

los equipos y a ingenieros de mantenimiento se identificarán las causas principales que originan los diferentes fallos.

Una vez que esta información se analizó se procedió a la actualización de los planes de mantenimiento de los diferentes equipos de las líneas de producción delimitados en este proyecto.

Por otra parte, también se cambiaron los procedimientos, diagramas, tablas y mapas de puestos del área de mantenimiento, se identificó y registro herramental obsoleto, con el fin de mejorar la planificación y eficiencia del proceso de mantenimiento en planta.

Proyecto: Actualización de Procedimientos y planes de mantenimiento.

Generalidades del Proyecto

Introducción

El área de mantenimiento industrial de la compañía Embotelladora las Margaritas, es la encargada de mantener en óptimas condiciones los equipos que componen las diferentes áreas del área de producción (Líneas de embotellado, clarificados, jarabes, tratamiento de aguas, líneas de inyección de plástico), esto con el fin de mantener una alta confiabilidad de los equipos y una operación continua que se ajuste a las necesidades de producción de la planta y a los indicadores internos del área tales como las horas entre paro por fallas y la eficiencia mecánica.

Las diferentes tareas de mantenimiento (Correctivo, preventivo y predictivo) se llevan a cabo mediante ordenes de trabajo, las cuales están establecidas en el plan de mantenimiento del área, en estos planes de mantenimiento se especifica el equipo al cual se realiza, las tareas de mantenimiento a realizar, la frecuencia, el encargado de ejecutarla, el tipo de mantenimiento (mecánico, eléctrico, electrónico), además de programar los recursos e insumos necesarios para llevar a cabo estas tareas.

Mediante el presente proyecto se pretende actualizar estos planes

Descripción de la empresa u organización

Embotelladora las Margaritas S.A.P.I de C.V

Ubicación: Camino A Pozos Téllez Km 1.5, No. 5006, Fracc. Industrial Reforma, Mineral de la Reforma, Hidalgo, C. P 42186 (Ilustración 1)



Ilustración 1 Ubicación de la planta

RFC: EMA950906L79

Teléfono: 771 7171430

Misión de la Empresa

Satisfacer las necesidades de clientes y consumidores de bebidas no alcohólicas al elaborar y comercializar productos y servicios de la más alta calidad, promoviendo el patrimonio y desarrollo integral de los accionistas, detallistas del personal y comunidad.

Visión

Liderar cada categoría en la que participamos, a través de un servicio de calidad, agregando valor a nuestros Accionistas, Colaboradores, Clientes, Consumidores y la Comunidad.

Valores

- Confianza
- Integridad
- Mejora continua
- Productividad
- Responsabilidad

- Trabajo en equipo
- Servicio

En Corporación RICA (Embotelladora las Margaritas y Embotelladora de Cuautla) formamos parte de la Industria Mexicana de Coca-Cola (IMCC), el grupo de empresas dedicadas al embotellado y distribución de los productos de la familia Coca-Cola.

Productos

- Embotellado y envasado Agua (botella y garrafón)
- Embotellado y envasado de Refrescos, gaseosas, y bebidas sin alcohol
- Preforma PET
- Maquilado de bebidas

Descripción del área de trabajo

Problemas a resolver

- Elaboración de un mapa esquemático en AutoCAD de la distribución de las líneas de producción en la planta Pachuca y de los diferentes equipos con que se cuenta, así como motores, turbinas y bombas que existen en estas líneas – Ubicación espacial de cada línea y equipo mediante un software de diseño que permita una mejor identificación de los equipos, espacio y distribución de estos, identificando además algunos equipos de fuerza que los compongan como motores, turbinas o bombas.
- Análisis de falla encontrados en las diferentes líneas de producción – Revisión de las posibles causas que dieron origen a las fallas en los equipos, de acuerdo con los reportes que se levantaron de las mismas.
- Identificación de áreas de oportunidad para planes de seguridad – Identificar si los planes de actuales de mantenimiento contemplan las fallas presentadas con mayor frecuencia en los equipos, así como si los tiempos y frecuencias son los adecuados.

- Identificación de áreas de oportunidad en aquellos equipos o partes de estos que no cuenten con un plan o procedimiento de mantenimiento adecuado, sea obsoleto o no exista, de acuerdo con los reportes de falla.
- Dar de baja equipo identificado como obsoleto de acuerdo con el reporte de falla, así como herramienta obsoleta – identificar oportunamente aquellos equipos u herramienta obsoleta cuyo uso perjudicial para la seguridad o eficacia dentro de la planta, de igual manera dar de alta equipo nuevo o que no se haya dado de alta en el sistema de gestión de mantenimiento.
- Actualización de planes de mantenimiento obsoletos o Insuficientes – Con la información recaudada y la experiencia adquirida, en conjunto con el conocimiento de técnicos e ingenieros de mantenimiento a cargo de los equipos desarrollar propuestas de mejora en los planes actuales.
- Implementación de las mejoras en los planes de mantenimiento preventivo y correctivo en las líneas de producción – Aplicar las mejoras propuestas, dándolas de alta en el sistema de gestión de mantenimiento, informar al personal ligado al mantenimiento de estas mejoras, así como de recibir retroalimentación de parte de operarios, técnicos e ingenieros en mantenimiento.
- Monitoreo de los resultados, en base a la eficiencia mecánica de los equipos – Llevar a cabo un censo sobre si hubo una mejora de la operación y confiabilidad de los equipos basados en el porcentaje de eficiencia mecánica de los mismos.

Delimitación del proyecto

Debido a que el área de mantenimiento se encarga de diferentes equipos de producción (inyección de plásticos, clarificado, tratamiento de aguas, jarabes, líneas de producción 1,2,3,4,5,6 y equipos auxiliares) se decidió acortar el alcance de estudio para este proyecto, ya que de lo contrario el tiempo con el que se cuenta para realizarlo sería insuficiente.

Debido también a la similitud en equipos y procesos que componen las líneas de producción L1, L2, L3 y L4, se decidió centrar este proyecto en el análisis de fallas de estas líneas.

Además, el análisis de las fallas se realizó con aquellos incidentes que ocurrieron en el periodo de enero a abril, y los últimos dos meses del proyecto se utilizaran para implementar y evaluarlas mejoras propuestas.

Objetivo

Realizar la actualización de procedimientos y planes de mantenimiento mediante el análisis de fallas que se presentan en los equipos de las líneas de producción de la planta Embotelladora las Margaritas S.A.P.I. de C.V., con el fin de mejorar la eficiencia mecánica.

Objetivos específicos

- Identificar todos los planes y procedimientos de mantenimiento que ya han sido implementados a los equipos que componen las líneas de producción.
- Proponer mejoras a planes de mantenimiento (definiciones, alcances, frecuencia, formatos, personal, herramienta, refacciones, etc.), con base en la experiencia adquirida en planta, planes de mantenimiento previos y experiencia de operadores, técnicos e ingenieros que intervengan en estos equipos.
- Modificar procedimientos y planes de mantenimiento que sean obsoletos o ineficientes.
- Realizar un análisis de fallas en equipos que componen las líneas de producción, con base en los reportes que llegan al área de mantenimiento.
- Identificar áreas de oportunidad en temas de seguridad en líneas de producción.
- Registrar equipos nuevos o que no hayan sido registrados, además de dar de baja herramienta o equipos obsoletos.
- Implementar las mejoras propuestas y dar de alta planes y procedimientos propuestos en el sistema de gestión de la Planta.

- Monitorear los resultados de la implementación de estos planes mediante la mejora de la eficiencia mecánica en las líneas de producción.

Justificación

El mantenimiento es importante para que se aprovechen al máximo los recursos con los que cuenta una empresa. Para lograr implementar de manera exitosa un plan de mantenimiento se deben detallar los pasos a seguir, especificando las actividades a realizar de manera minuciosa. (Qualitymant Group, 2020) Todas estos planes y actividades están sujetas a cambios continuos debido a diversos factores que pueden presentarse, para ello es muy importante buscar metodologías que permitan realizar esta mejoras acorde a las necesidades de la empresa.

Con este proyecto se busca identificar los planes y procedimientos ya existentes o implementados para el mantenimiento de equipos que componen las diferentes líneas de producción de las cuales es responsable el área de mantenimiento, y posteriormente identificar áreas de oportunidad de mejora para optimizar dichos planes. Las líneas de producción están compuestas por diferentes equipos (secadoras, llenadoras, transportadores aéreos, bandas transportadoras, etiquetadoras, sopladoras de preforma, empacadoras, paletizadoras, etc.) y sus componentes (bombas, turbinas, servomotores, motorreductores) que necesitan planes específicos y oportunos de mantenimiento.

Otra de las razones para la realización de este proyecto es debido a cambios en la estructura organizacional de la empresa, lo que conlleva a actualización de documentación necesaria para los planes de mantenimiento (mapas de puesto, procedimientos y diagramas del proceso de mantenimiento) planes dados de alta en el sistema informático de gestión de mantenimiento.

Marco teórico

Descripción del proceso de embotellado

Grupo Rica Planta Pachuca ofrece una amplia gama de bebidas embotelladas (refresco y agua). Su área de producción se compone de las líneas de embotellado de bebidas (Línea 1, Línea 2, Línea 3 y Línea Bloque); líneas de inyección de plástico para la producción de preforma PET; una línea de agua en garrafón (Línea 5), una línea de mezcla (Línea 6), además de las áreas de clarificado de azúcar, el área de preparación y mezcla de jarabes, el área de tratamiento de aguas de proceso y aguas residuales y el área de equipos auxiliares.

Las áreas anteriormente mencionadas están bajo cuidado del área de mantenimiento de la planta, sin embargo, para el desarrollo de este proyecto solo mencionaremos las líneas de producción (L1, L2, L3 y L4), ya que, debido a la similitud en la composición de sus equipos y su proceso de producción para fines de este trabajo y delimitación será más sencillo de cumplir con los objetivos planteados en el tiempo disponible.

En la Ilustración 2 se presentan un diagrama simplificado del proceso de producción en las líneas L1, L2, L3 y L4.

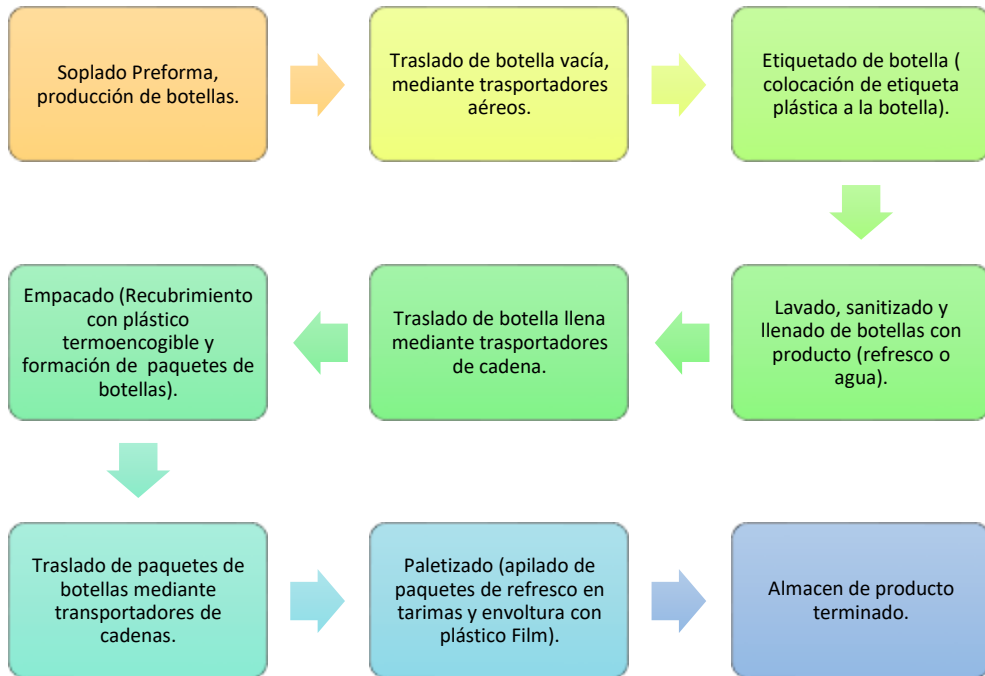


Ilustración 2 Diagrama simplificado del proceso de embotellado en líneas de producción L1, L2, L3 y L4

Sopladora PET estirado-soplado

Las máquinas Sopladoras PET como se muestran en la Ilustración 3 se utilizan principalmente en la industria del envasado para producir envases de plástico, generalmente botellas, a través del proceso de soplado.



Ilustración 3 Máquina de soplado de PET

Se dice que “El proceso de soplado implica calentar el material plástico (preforma) hasta que se ablande y luego utilizar aire comprimido para expandirlo dentro de un molde, creando la forma deseada del envase,” (PackagimLatam, 2023) después la pieza se enfría, cuando esta solidifica se retira del molde, obteniendo una botella lista para su uso

Como se muestra en la Ilustración 4 las máquinas de estirado soplado utilizan un proceso de dos etapas para fabricar envases PET, “primero, se moldea una preforma en forma de tubo utilizando un proceso de inyección. Luego, la preforma se coloca en un molde donde se estira y se sopla para formar la botella final” (PackagimLatam, 2023).

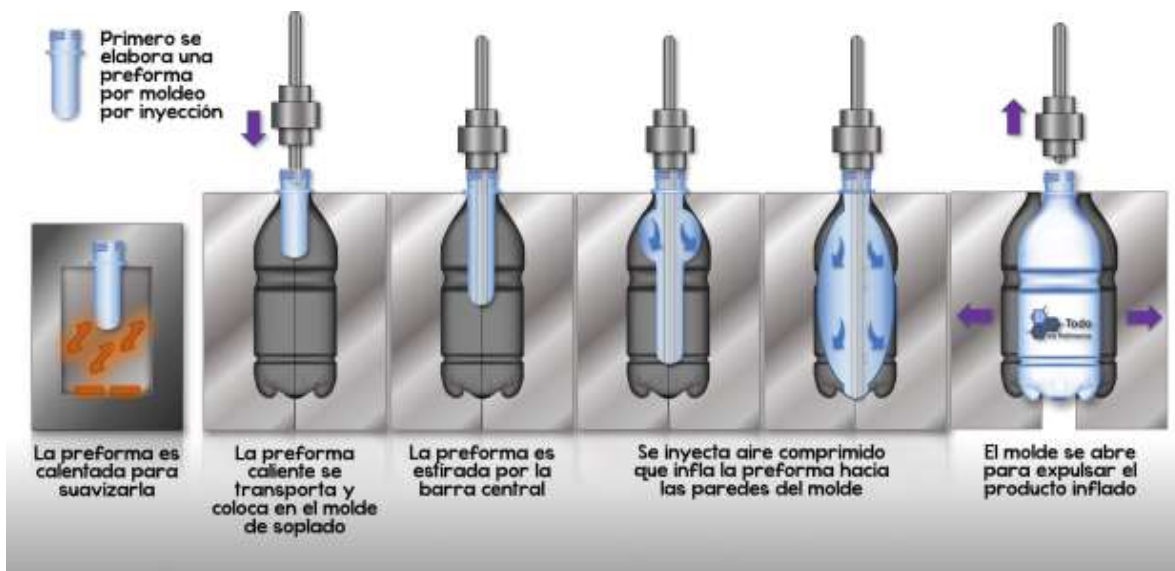


Ilustración 4 Proceso de moldeo por inyección, estirado-soplado.

El equipo presente en la planta está constituido de los siguientes elementos

- Unidad rotatoria de moldes de soplado
- Sistema de varillas de estirado
- Horno de calefacción con secciones de calentamiento.
- Sistema de control y panel.
- Sistema de preparación de aire con sistema de filtrado.
- Sistema de alimentación de preformas.
- Sistema de estrellas de transporte de preforma y botella

- Sistema de enfriamiento de moldes mediante agua.

Transportador aéreo

El transportador aéreo (transportador neumático) como se observa en la Ilustración 1 es utilizado para desplazar y/o acumular las botellas vacías utilizadas dentro de una línea de llenado. Usualmente usadas para transportar las botellas desde una maquina sopladora de plástico hasta el área de llenado del producto (SMF, 2021).

Los transportadores aéreos cuentan con un ventilador radial que genera un flujo de aire con el cual se impulsan las botellas, un sistema de guías y canales dirigen el flujo de aire generado, conduciendo las botellas a través de su trayecto. Las botellas estas sujetas por el cuello mediante guías especiales adaptadas a la forma de estas, la apertura de estas guías se puede ajustar a diferentes diámetros y alturas de las botellas (SMF, 2021).



Ilustración 5 Transportador aéreo.

Máquina de Etiquetado

Una máquina de etiquetado (Ilustración 6) es un mecanismo que permite adherir una etiqueta a un producto o paquete de manera automática (HIJ Machinery, 2019).

El grupo de etiquetado se compone de tres elementos principales, una rueda motriz, una rueda de etiquetado y uno o más carretes que contienen la tira de etiqueta auto adheribles. El producto o paquete a etiquetar ingresa a velocidad constante a la máquina mediante un transportador, dentro del grupo de etiquetado la rueda motriz tira intermitentemente la cinta de etiquetas de su carrete, la rueda de etiquetado presiona esta cinta contra el producto a etiquetar, cuando el transportador alcanza una determinada posición, la rueda de motriz de la etiqueta acelera a la velocidad de la cinta transportadora. Y después de que se adhiere la etiqueta, se desacelera hasta detenerse. Dado que la etiqueta puede deslizarse ligeramente, tiene una marca para garantizar que cada etiqueta se coloca correctamente, lo cual es leído por un sensor. Durante la fase de desaceleración de la etiqueta, la rueda motriz reajustará la posición para corregir cualquier error en la etiqueta (HIJ Machinery, 2019).



Ilustración 6 Etiquetadora automática botellas.

Llenadora automática

Las máquinas llenadoras de botellas (Ilustración 7) son un tipo especializado de equipo que se utiliza en la industria de bebidas para llenar botellas con productos líquidos (Reliable Machinery, 2024)

Los componentes y su funcionamiento se describen a continuación.

Transportador de botellas: Los equipos en planta presentan transportadores aéreos que conducen las botellas vacías a la entrada de la llenadora, un sistema de guías y estrellas que sujetan y transportan las botellas dentro de la maquina hacia las distintas zonas del proceso de llenado y transportadores de cadena a la salida que llevan el producto para su posterior embalaje.

Rueda de llenado: es un sistema mecánico giratorio sincronizado con las diferentes estrellas de transporte, en este se cargan las botellas y se elevan a la posición de las boquillas para ser llenadas.

Boquillas de Llenado: se encargan de dosificar el producto de manera precisa (Reliable Machinery, 2024). El llenado con producto puede ser controlado ya sea mecánicamente mediante tubos de venteo o electrónicamente mediante sensores de nivel

Tanque de almacenamiento de producto: contiene el líquido con el que se llenaran las botellas. Está diseñado para mantener el producto en las condiciones requeridas en el proceso (Reliable Machinery, 2024).

Mixer: para la preparación de las diferentes bebidas es necesario mezclar diferentes porciones de jarabe, agua y concentrado de sabor, esta tarea la lleva a cabo este equipo con la ayuda de válvulas y medidores de flujo, que realizan la combinación en base a las recetas establecidas.

Válvulas y bombas: controlan y dirigen el flujo del producto a embotellar, transportándolo desde su almacenamiento hasta las boquillas de llenado. Permiten

controlar el proceso de llenado de una manera precisa, evitando con ello la pérdida de producto por derramamiento (Reliable Machinery, 2024).

Panel de control: en él se encuentra la interfaz donde se programa y monitorea el proceso de llenado de las botellas. Desde aquí los operadores pueden manipular los diferentes parámetros de operación como el volumen, velocidad o el tiempo de llenado (Reliable Machinery, 2024).

Mecanismo de sellado: Es un mecanismo que sella las botellas de manera automática. Las tapas se suministran mediante un sistema neumático de transporte desde el dosificador de tapas hasta el mecanismo de sellado (Reliable Machinery, 2024).



Ilustración 7 Máquina llenadora industrial

Maquina Empacadora

Una empacadora (Ilustración 8) industrial para botellas es *“una maquina automática que permite envolver un grupo de botellas con un film plástico termoencogible, asegurando la integridad de los objetos al mantenerlos atados y protegidos, ahorrando con ello una gran cantidad de tiempo en el proceso de embalaje”* (Region Digital, 2024).

Las botellas se mueven a través de la maquina mediante bandas transportadoras, durante su trayecto las botellas son separadas en grupos mediante barras y dedos separadores.

El plástico que envuelve a las botellas se encuentra dispuesto en una bobina debajo de las bandas que transportan el producto, este plástico se retira de la bobina sujeto mediante barras que se elevan a la zona de envolvedor, el plástico se corta mediante un sistema de cuchilla y contracuchilla, el cual es accionado mediante un grupo de engranes y un balancín que sincroniza su movimiento.

En la zona denominada de envolvedor hay una barra que arrastra el plástico termoencogible y envuelve a las botellas cuando estas pasan por esta zona. Las barras se sincronizan con la velocidad de desplazamiento de las botellas en la banda de transporte, entre cada zona se encuentran dispuestos tapetes, en donde las botellas o paquetes pasan, estos tapetes evitan las caídas de producto debido al cambio de velocidad de los transportadores de cadena de las distintas zonas de la máquina.

A continuación, el paquete pasa por un horno permitiendo que el plástico se contraiga debido a la aplicación uniforme de calor, logrando unir las botellas mediante la contracción de la envoltura plástica. En la salida del horno de calefacción se encuentran dispuestos ventiladores que enfrían y confieren rigidez a la envoltura.

El trayecto de las botellas es monitoreado por sensores ópticos que verifican que no exista caída de botella o que los paquetes no se deshagan.



Ilustración 8 Empacadora industrial de botellas.

Maquina Paletizadora

Denominamos paletizar a la *“acción de agrupar productos sobre un palet para facilitar su almacenaje, manipulación y transporte”* (Mecalux, 2023), por tanto, una maquina paletizadora industrial es aquella que sirve para apilar y organizar productos sobre un palet de manera automática, rápida y eficiente.

Cuando se ha formado el palet en una sola pila, se debe sujetar el producto asegurando su integridad, una solución sencilla es recubriéndolo mediante una cubierta plástica que presione la mercancía a la base del palet, evitando su separación de la base debida al movimiento (MME, 2024).

El material que se utiliza con mayor frecuencia en la industria para el proceso de paletizado es el film estirable o stretch film. Este material protege la mercancía de la humedad del ambiente, el polvo y otras condiciones no deseables (MME, 2024).

Las maquinas paletizadoras (Ilustración 9) utilizadas en la planta se componen de una mesa formadora a la entrada, donde varios paquetes de producto se agrupan; una vez acomodados los paquetes se acciona un brazo que los empuja a la zona en donde son apilados encima de una tarima primero y después uno encima de otro,

esta acción la realiza una plataforma elevadora accionado por motorreductores; entre cada grupo de paquetes apilados se coloca una capa de cartón que es introducida mediante un brazo robótico llamado tulipa.

Los paquetes se desplazan sobre un transportador de rodillos a la zona del envolvedor, donde se cubren con un film plástico.

Cuando se termina de recubrir con plástico, un brazo neumático acciona una resistencia eléctrica de corte para seccionarlo, el producto terminado se etiqueta y se envía a almacén.



Ilustración 9 Maquina paletizadora industrial

Mantenimiento industrial

Por definición,

El mantenimiento incluye todas las acciones que conservan o restauran equipos en un estado funcional. El término “conservar” incluye la noción de monitoreo y prevención de un bien en operación normal. El término “restaurar” contiene la noción de corrección después de haber perdido su función. Así, ambas operaciones tienen que ser llevadas a cabo para preservar el equipo garantizando la continuidad y calidad de la fabricación bajo condiciones aceptables de producción. (Rachild, Mounia, Mohamed, Ion, & A., 2014).

También se puede definir al mantenimiento como:

Aquel conjunto de actividades (planificadas y coordinadas) que propende a mantener los equipos (de diversa índole), en una condición operativa, lo más cercana posible de su estado teórico o nominal, con el mínimo de inversión (económica, tiempo, insumos), de manera segura para el personal y el medio ambiente, apoyando de manera positiva el cumplimiento de las metas de una organización (Montilla, 2015).

Las tareas de mantenimiento dentro de una empresa no son estáticas, es decir su planeación y ejecución no se realiza de manera indefinida sin apenas cambio alguno, sino que están sujetas permanentemente a diversos cambios, revisiones o mejoras, por ello se dice que el mantenimiento es una actividad dinámica sujeta a la mejora continua que va dependiendo de las necesidades que se presenten (Montilla, 2015).

Planear, programar, realizar y ejecutar tareas de planeación, así como la evaluar los indicadores de cumplimiento de las actividades técnicas y administrativas que se lleven a cabo, necesitan una gestión correcta y continua, esto con el fin de lograr resultados apropiados y que se mantengan con el tiempo (SENATI, 2007).

El objetivo final del mantenimiento industrial se puede sintetizar en los siguientes puntos (Solusystem, 2022):

- Evitar, reducir, reparar, las fallas en los equipos e instalaciones.
- Reducir la seriedad de las fallas que puedan presentarse y que no se han podido evitar
- Evitar paros indeseados y/o continuos
- Evitar accidentes en las áreas de trabajo.
- Eliminar los incidentes aumentando con ello la seguridad del personal.
- Preservar el equipo e instalaciones en condiciones seguras y operativas.
- Disminuir los costes por reparación o paro.
- Aumentar la vida útil del equipo.

Existen tres categorías principales de mantenimiento, las cuales se describen a continuación.

Mantenimiento correctivo

Definimos a este tipo de mantenimiento como:

El conjunto de actividades desarrolladas en máquinas, instalaciones o edificios, cuando a consecuencia de una falla, han dejado de prestar la calidad del servicio para la cual fueron diseñados. Por tanto, las labores que deben llevarse a cabo tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad del servicio (Garcia Palencia, 2006).

Debido a que estas actividades se realizan inmediatamente y de manera inesperada al suceder una falla, su planificación no puede ser llevada a cabo de manera eficaz, por ello su control solo se puede realizar mediante reportes e informes donde se detallen las condiciones del percance (Garcia Palencia, 2006).

Mantenimiento Preventivo

Definido como:

El conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos (Garcia Palencia, 2006).

Los planes de mantenimiento preventivo se centran principalmente en dos actividades esenciales (Garcia Palencia, 2006):

- Inspección periódica, en donde se revisan las condiciones de los equipos con el fin de identificar posibles situaciones y condiciones que conduzcan a interrupciones inesperadas en la producción.
- Tareas y actividades de conservación, permite mantener los equipos en óptimas condiciones, mediante tareas de mantenimiento continuas preservan en estado funcional los equipos y eviten su deterioro.

Mantenimiento Predictivo

Para este tipo de mantenimiento se utilizan equipos especializados de diagnóstico en el análisis de posibles fallas a ocurrir. Es una herramienta muy útil para el análisis del estado de los equipos (Garcia Palencia, 2006).

El Mantenimiento Predictivo se define como:

El conjunto de actividades, programadas para detectar las fallas de los equipos por revelación antes que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas (Garcia Palencia, 2006).

Falla

Podemos definir una falla como *“aquellos errores o daños que provocan el no funcionamiento de la maquinaria, de una manera total o parcial”* (Infinitia Industrial consulting, 2023).

La posibilidad de ocurrencia de una falla significa un riesgo potencial en la continuidad del proceso productivo de una empresa, es por ello que el análisis y entendimiento de cómo se origina una falla es de vital importancia para crear actividades, procedimientos y planes de mantenimiento que eviten la aparición de fallas en los equipos. Este se logra mediante un análisis de los modos de falla, así a cada modo de falla se le asigna una tarea de mantenimiento específica que ayude a mitigar o en el mejor de los casos evitar la ocurrencia de un fallo (José R. Aguilar Otero, 2010).

Análisis de fallas

El análisis de fallos es *“una técnica que nos permite investigar a fondo las causas de una avería o fallo en nuestros equipos, incluso después de haber implementado un programa de mantenimiento preventivo”* (Fracctal, 2023).

Mediante un análisis de fallo el área de mantenimiento aprende sobre las diferentes causas que originan una falla, este es importante ya que se pueden optimizar los planes de mantenimiento, se aumenta la confiabilidad de los equipos con los que se cuenta y se pueden reducir los costos referentes a fallos imprevistos, logrando una mejora continua permanente (Fracctal, 2023).

El análisis de fallos en el mantenimiento preventivo nos brinda una serie de beneficios significativos (Fracctal, 2023):

- **Mejora Continua**

Permite aprender sobre los errores y omisiones que dieron lugar a un fallo, aumentando nuestro enfoque a la hora de abordar una solución, logrando así implementar procedimientos más eficaces.

- **Optimización del Mantenimiento**

El poder encontrar la causa raíz de una manera efectiva, nos permite orientar de manera más precisa el trabajo y los recursos en las áreas cuyo impacto sea más notorio, evitando malgastar los recursos innecesariamente.

- **Aumento de la Confiabilidad**

La confiabilidad de nuestros equipos se incrementa al abordar las causas fundamentales de las fallas. La productividad y la eficiencia operativa aumentan como resultado de esto.

- **Reducción de Costes**

Reducimos los costos de reparaciones costosas y pérdida de producción al evitar fallos catastróficos y tiempo de inactividad. Para evitar gastos innecesarios y llevar un mantenimiento más proactivo, podemos utilizar el análisis de fallos.

- **Seguridad Mejorada**

Un análisis de fallos adecuado puede ayudar a prevenir situaciones peligrosas en el lugar de trabajo. Al identificar y abordar problemas de seguridad, protegemos tal personal y al equipo.

Ahora que sabemos por qué es importante el análisis de fallos, veamos los pasos clave para llevar a cabo este proceso:

- **Recopilación de Datos**

Primero, recopilar toda la información relevante sobre la falla. Esto incluye información sobre el equipo afectado, el tipo de falla, la fecha y hora de la avería y cualquier otra información que pueda ser útil para el análisis. Nuestros hallazgos serán más precisos si contamos con más información.

- **Investigación de Causas Raíz**

Buscar la causa fundamental de la falla, es necesario preguntarse sobre las distintas causas que dieron origen a una falla. Para prevenir futuros problemas, es fundamental identificar la causa raíz. Esto incluye pruebas adicionales como entrevistas con el personal y análisis de los datos recopilados.

- **Análisis de Datos Históricos**

Revisión de los registros antiguos de mantenimiento. Algunas partes o equipos podrían necesitar más atención de la que les hemos estado brindando. Podremos enfocar nuestros esfuerzos de manera más efectiva cuando descubramos estas tendencias.

- **Evaluación de Procedimientos de Mantenimiento**

El mantenimiento preventivo incluye la revisión de los procedimientos. Los procedimientos pueden ocasionalmente ser insuficientes, no estar actualizados, ser inapropiados o no se están llevado acabo adecuadamente lo que puede resultar en fallas inesperadas.

- **Implementación de Mejoras**

Por último, es fundamental implementar correcciones en función del análisis realizado. Asegurar que las lecciones aprendidas se estén implementando y mejorar nuestro programa de mantenimiento preventivo. Esto podría incluir la implementación de tecnologías de monitoreo avanzadas, la capacitación del personal o la actualización de procedimientos.

Técnicas de análisis de riesgo de fallas

Los métodos de análisis de riesgo se utilizan para encontrar y evaluar escenarios que pueden tener un impacto negativo en una instalación o planta de proceso; se identifican los escenarios con mayor riesgo y se proponen acciones para reducir el mismo (José R. Aguilar Otero, 2010).

El objetivo de cualquier estudio de riesgo es encontrar la respuesta a estas tres preguntas:

1. ¿Qué puede salir mal?
2. ¿Qué tan frecuente es?
3. ¿Cuáles son sus efectos?

Podemos comprender los peligros y crear mejores estrategias para la prevención y control al analizar y comprender la respuesta a estas preguntas. Como parte del proceso de evaluación de riesgos, se utilizan diversas técnicas de identificación de peligros (José R. Aguilar Otero, 2010), tales como:

- Estudios de peligro y operabilidad (HazOp, Hazard and Operability)
- Análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA, por sus siglas en inglés, Failure Mode and Effect Analysis)
- Listas de verificación

- Análisis de causa raíz (Análisis de árbol de fallas, diagrama why-why, diagrama de Ishikawa, SCAT)

Análisis de causa Raíz

El propósito del análisis de causas raíces (ACR) es encontrar las causas fundamentales de los problemas o fallos.

Una causa raíz es un componente que inicia una serie de eventos que desembocan en un resultado. Un problema ya no puede surgir una vez que se elimina una causa raíz de una serie de eventos que lo provocan. Un factor causal, por otro lado, es un factor que influye en el resultado de un evento, aunque no es una causa fundamental (North of England P&I Association, 2015).

El ACR se utiliza para encontrar las causas de los accidentes e incidentes y para implementar medidas correctivas y preventivas para asegurar que no ocurran más. La cultura de seguridad y las prácticas operativas se pueden aprender mucho de la investigación de incidentes (North of England P&I Association, 2015).

El ACR es un planteamiento objetivo y organizado de la resolución de problemas, no una herramienta específica. El proceso implica investigar los elementos fundamentales que contribuyen al problema. En vez de limitarse a tratar los síntomas, las organizaciones pueden crear soluciones prácticas que aborden el origen del problema al identificar la causa (Miro, 2024)

No se puede afirmar con certeza que un método sea superior al otro, ni que el uso de un método excluya la posibilidad de utilizar otra opción. El método más adecuado es el que mejor se adapte al problema que se ha encontrado, para que pueda ser examinado y reducido sin gastar demasiados recursos debido a la magnitud del problema.

Existen diversos métodos para identificar los factores causales que dan lugar a incidentes, entre ellos podemos encontrar:

Análisis Árbol de fallos (FTA, Failure Tree Analysis)

Para encontrar todas las formas realistas en las que puede ocurrir el suceso no deseado (suceso principal), primero se especifica un estado no deseado del sistema (normalmente un estado crítico desde el punto de vista de la seguridad o la confiabilidad) y luego se analiza el sistema en el contexto de su entorno y funcionamiento (NASA, 2002).

El árbol de fallos es una representación gráfica de las diversas combinaciones de fallos paralelas y secuenciales que llevarán a cabo el evento no deseado predeterminado. Por lo tanto, un árbol de fallos representa las conexiones lógicas de los eventos fundamentales que conducen al evento superior, el no deseado (NASA, 2002).

Un árbol de fallos se compone de un conjunto de entidades conocidas como "puertas" que sirven para permitir o inhibir el paso de la lógica de fallos por el árbol. Las puertas muestran las relaciones de sucesos necesarias para que se produzca un suceso "superior". El suceso "superior" es la salida de la puerta; los sucesos "inferiores" son las "entradas" a la puerta. El símbolo de la puerta indica el tipo de relación de los sucesos de entrada necesarios para que se produzca el suceso de salida (NASA, 2002). La Ilustración 10 muestra la estructura de un árbol de fallos simple.

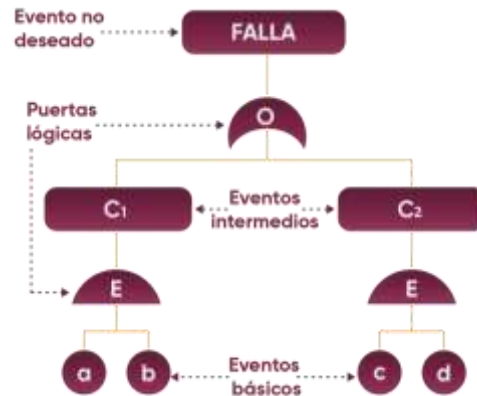


Ilustración 10 Árbol de fallas simplificado

Es crucial comprender que un árbol de fallos no representa todas las fallas potenciales del sistema o las causas potenciales de fallo. Además, estas fallas solo incluyen las que el analista considera realistas: no son completas.

El análisis de árbol de fallos tiene un enfoque limitado, es decir, examina un accidente específico de interés.

Diagrama 5 ¿Why's?

Es el proceso de ACR más simplista, se llama así porque el proceso implica preguntar "por qué" al menos cinco veces o hasta que ya no se pueda responder a la pregunta. La teoría que subyace a la técnica de los "cinco porqués" es que, tras preguntarse "por qué" cinco veces, se debería desenterrar la causa raíz. Este método puede ser razonablemente eficaz para accidentes e incidentes sencillos, pero resulta insuficiente para abordar situaciones más complicadas, otra limitante importante de este método es la dificultad para analizar causas no enlazadas, es decir de distinto origen (Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Seguridad, Aeronáutica y Espacio-TEDAE, 2019).

La Ilustración 11 muestra un ejemplo sencillo de la aplicación de esta metodología.



Ilustración 11 Metodología 5 Why's? aplicada a un problema común.

Diagrama de Ishikawa

Representa la relación entre un evento adverso y todas sus posibles causas, se utiliza para simplificar el análisis y para mejorar la solución de cada problema (Delgado, Márquez, Rizo, & Romero, 2013). Para la realización del diagrama (Ilustración 12), se propone:

- Colocar el problema en un cuadro a la derecha.
- Dibujar líneas en forma de esqueleto de pescado.
- Categorizar las probables causas en cada línea del esqueleto.
- Dibujar líneas oblicuas en cada categoría.
- Describir cada categoría
- En cada línea oblicua escribir la causa secundaria (raíz) del evento adverso.

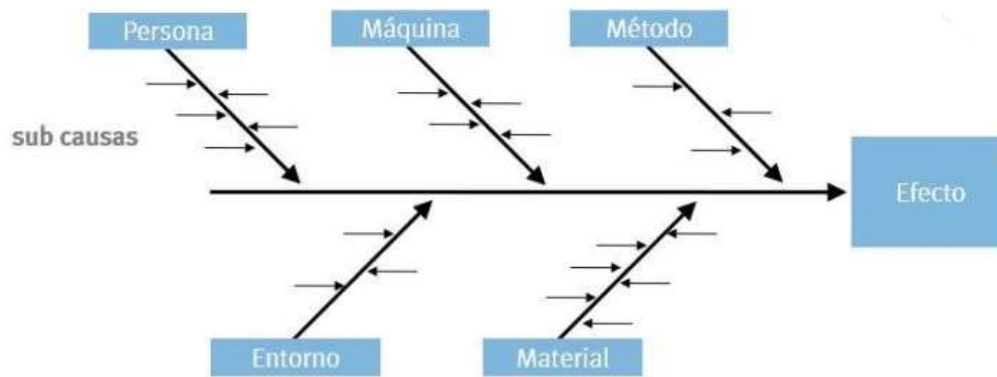


Ilustración 12 Diagrama de Ishikawa Simplificado.

Su principal limitación es su poca utilidad en eventos que se encuentren de manera aislada o para problemas con alto grado de complejidad (Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Seguridad, Aeronáutica y Espacio-TEDAE, 2019).

SCAT (Systematic Cause Analysis Technique)

El modelo causal de pérdidas es la base de la técnica de SCAT o TASC (Análisis Sistemático de la Cadena Casual). Este tiene como objetivo hacer comprender y recordar las circunstancias o factores que provocaron la pérdida de bienes o el daño personal. Comenzando con la pérdida y retrocediendo hasta el evento, el SCAT examina cinco categorías previamente establecidas de eventos de pérdida para reducir la recurrencia del evento. (HSETools, 2022), estas categorías son:

- **La pérdida:** Cualquier resultado desfavorable para el ambiente, el personal o el equipo. Muertes, lesiones, daños al medio ambiente y daños a equipos o activos son pérdidas.
- **El evento:** Es aquella acción que ocasiono la perdida. Uno o varios eventos pueden provocar una pérdida. Las tres categorías de causas que podrían provocar el evento son las causas directas, las causas básicas y las causas de falta de control.

- **Causa directa:** Son los factores o acciones que provocan el evento. Por lo general, los requisitos para operaciones seguras no se cumplirán con estas acciones y condiciones.
- **Causa básica:** Los factores personales, como los problemas de capacitación o de personal inadecuados, y los del sistema de trabajo, como los equipos o los estándares de trabajo inadecuados, son los que conducen a la aparición de la causa directa.
- **Factor de falta de control:** Se trata de identificar los procedimientos que debieron llevarse a cabo o implementarse y que deben llevarse a cabo inmediatamente.

Un ejemplo de este tipo de cuadro se muestra a continuación (Ilustración 13), en este ejemplo se utiliza para la investigación de las diferentes causas que llevan a la ocurrencia de un accidente laboral, se enumeran los tipos de contacto peligrosos, y se enumeran e interrelacionan las causas inmediatas y las causas raíz, además de las necesidades de control que se deben implementar para evitar la ocurrencia de situaciones peligrosas o inseguras.

Tabla SCAT

Potencial de Severidad de Pérdida

Potencial de Severidad de Pérdida
☐ Mayor (A) ☒ Grave (B) ☐ Menor (C)

Probabilidad de Ocurrencia
☐ Alta (A) ☐ Moderada (B) ☐ Rara (C)

Frecuencia de Exposición

☐ Grande (A) ☐ Moderada (B) ☐ Baja (C)

↓ Tipo

- [illegible]

- [illegible]

- [illegible]

(NACl) N

- | | | | | | | | |
|--|----------|--|----------|--|----------|--|----------|
| PLANIFICACIÓN Y ADMINISTRACIÓN | | INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES / INCIDENTES | | ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL | | RECURSOS GRUPO 45.03 | |
| Programa Proyecto (P), Subtema (S), Componente (C) | | Programa Proyecto (P), Subtema (S), Componente (C) | | Programa Proyecto (P), Subtema (S), Componente (C) | | Programa Proyecto (P), Subtema (S), Componente (C) | |
| 1 | P | 1.1 | P | 101 | P | 101 | P |
| 2 | P | 2.1 | P | 102 | P | 102 | P |
| 3 | P | 3.1 | P | 103 | P | 103 | P |
| 4 | P | 4.1 | P | 104 | P | 104 | P |
| 5 | P | 5.1 | P | 105 | P | 105 | P |
| 6 | P | 6.1 | P | 106 | P | 106 | P |
| 7 | P | 7.1 | P | 107 | P | 107 | P |
| 8 | P | 8.1 | P | 108 | P | 108 | P |
| 9 | P | 9.1 | P | 109 | P | 109 | P |
| 10 | P | 10 | P | 110 | P | 110 | P |
| 11 | P | 11.1 | P | 111 | P | 111 | P |
| 12 | P | 12.1 | P | 112 | P | 112 | P |
| 13 | P | 13.1 | P | 113 | P | 113 | P |
| 14 | P | 14.1 | P | 114 | P | 114 | P |
| 15 | P | 15.1 | P | 115 | P | 115 | P |
| 16 | P | 16.1 | P | 116 | P | 116 | P |
| 17 | P | 17.1 | P | 117 | P | 117 | P |
| 18 | P | 18.1 | P | 118 | P | 118 | P |
| 19 | P | 19.1 | P | 119 | P | 119 | P |
| 20 | P | 20.1 | P | 120 | P | 120 | P |
| 21 | P | 21.1 | P | 121 | P | 121 | P |
| 22 | P | 22.1 | P | 122 | P | 122 | P |
| 23 | P | 23.1 | P | 123 | P | 123 | P |
| 24 | P | 24.1 | P | 124 | P | 124 | P |
| 25 | P | 25.1 | P | 125 | P | 125 | P |
| 26 | P | 26.1 | P | 126 | P | 126 | P |
| 27 | P | 27.1 | P | 127 | P | 127 | P |
| 28 | P | 28.1 | P | 128 | P | 128 | P |
| 29 | P | 29.1 | P | 129 | P | 129 | P |
| 30 | P | 30.1 | P | 130 | P | 130 | P |
| 31 | P | 31.1 | P | 131 | P | 131 | P |
| 32 | P | 32.1 | P | 132 | P | 132 | P |
| 33 | P | 33.1 | P | 133 | P | 133 | P |
| 34 | P | 34.1 | P | 134 | P | 134 | P |
| 35 | P | 35.1 | P | 135 | P | 135 | P |
| 36 | P | 36.1 | P | 136 | P | 136 | P |
| 37 | P | 37.1 | P | 137 | P | 137 | P |
| 38 | P | 38.1 | P | 138 | P | 138 | P |
| 39 | P | 39.1 | P | 139 | P | 139 | P |
| 40 | P | 40.1 | P | 140 | P | 140 | P |
| 41 | P | 41.1 | P | 141 | P | 141 | P |
| 42 | P | 42.1 | P | 142 | P | 142 | P |
| 43 | P | 43.1 | P | 143 | P | 143 | P |
| 44 | P | 44.1 | P | 144 | P | 144 | P |
| 45 | P | 45.1 | P | 145 | P | 145 | P |
| 46 | P | 46.1 | P | 146 | P | 146 | P |
| 47 | P | 47.1 | P | 147 | P | 147 | P |
| 48 | P | 48.1 | P | 148 | P | 148 | P |
| 49 | P | 49.1 | P | 149 | P | 149 | P |
| 50 | P | 50.1 | P | 150 | P | 150 | P |
| 51 | P | 51.1 | P | 151 | P | 151 | P |
| 52 | P | 52. | | | | | |

75736
 00 programms und eine politische
 veränderung notwendig?
 Was ist die Lösung dafür?

Desarrollo

El desarrollo de este proyecto se realizó de acuerdo con las siguientes etapas:

1.- Identificación de los equipos en Líneas de producción y de los procedimientos internos del área de mantenimiento

- En la etapa inicial se conocieron los diferentes equipos que componen las líneas de producción de embotellado de refresco y agua, así mismo se identificaron las partes y componentes que conforman a dichos equipos.
- Se conocieron las diferentes áreas que conforman la planta en donde interviene el área de mantenimiento industrial.
- También se aprendió acerca del funcionamiento general del equipo, así como las diferentes tareas de mantenimiento que se realizan.
- También se conoció a el personal encargado del área de mantenimiento, coordinadores de mantenimiento, auxiliares, operadores, ingenieros de mantenimiento, obreros de mantenimiento, jefe de mantenimiento, etc.
- Se conocieron los procedimientos para llevar a cabo el mantenimiento, así como la forma en que planifican, organizan y ejecutan las diversas ordenes de trabajo para los equipos.

2.- Elaboración de planos de las diferentes áreas de las líneas de producción

- Con base en lo aprendido en la etapa anterior se procedió a realizar planos para esquematizar el proceso de producción y la disposición de los equipos en las distintas líneas de producción delimitadas en este proyecto.
- En la elaboración además se incluyó la distribución de motores, turbinas y bombas, esto con el fin de identificar aquellos que no estaban incluidos en los planes de mantenimiento presentes hasta ese momento.
- Con estos planos es posible visualizar en detalle a los equipos y sirven al área de mantenimiento, ya que no se contaban con un plano de estas características.

3.- Análisis de los reportes de falla de los diferentes equipo en planta

- Todos los fallos que se presentan los equipos de la planta se registran en una tabla de Excel, en este registro se anota entre otros detalles, la fecha, el equipo, el número de Línea, la zona del equipo donde sucedió o posiblemente sucedió la falla, el encargado en turno, el tipo de falla (mecánico, eléctrico o electrónico) así como una descripción detallada de la falla.
- Como se mencionó en la delimitación del proyecto se analizó toda esta información, pero solo para los equipos de las líneas L1, L2, L3 y L4, en los periodos comprendidos de enero a marzo.
- Se identificaron los equipos con mayores incidencias y además se identificaron aquellos fallos más recurrentes en estos equipos.

4.- Documentación acerca de los fallos presentes los equipos

- Una vez identificadas aquellas fallas que se presentaban más recurrentemente, o aquellas en donde los tiempos de paro eran más significativas se procedió a determinar las causas que las ocasionaban, esta etapa fue la más extensa debido a que para determinar una causa era necesario comprender más a fondo el funcionamiento de los equipos, para ello se realizaron entrevistas y pláticas con el personal (ingenieros, técnicos, ayudantes) encargado de los equipos de soplado, llenado, empackado y paletizado de las líneas de producción, además de documentarse en los manuales, procedimientos de mantenimiento y diagramas eléctricos, neumáticos e hidráulicos de los equipos a estudiar.

5.- Elaboración de la metodología SCAT

- Identificadas las causas inmediatas de los fallos en los equipos, se procedió a realizar las tablas para la metodología SCAT, además también se determinaron las causas raíz de los fallos en los equipos, mediante un análisis más detallado, que incluyo la aplicación de otras metodologías de causa raíz como la metodología de los 5 Why's?, y la aplicación de un árbol de fallas, que, aunque son otras metodologías se puede utilizar para complementar mejor el análisis.
- También se establecieron las medidas de control que ayudaran a evitar la incidencia de estas fallas, estas medidas de control están basadas en los planes de mantenimiento que existen en el área de mantenimiento.

6.- Identificación y actualización de los planes de mantenimiento para su mejora

- Con la metodología SCAT se lograron identificar las causas potenciales que conducirían a fallos en los equipos.
- Los resultados se compararon con los planes implementados hasta ese momento y mediante reuniones que se realizaban entre los coordinadores de mantenimiento y el jefe de mantenimiento y la información presente en los reportes de fallas y la recopilada en este proyecto, se modificaron, mejoraron o se crearon nuevos planes de mantenimiento.
- La implementación de estos planes se llevó a cabo mediante la plataforma SAP, a pesar de que la tarea de modificar los planes la realiza el coordinador de mantenimiento y no se participó de manera directa este proceso, la información y el análisis de las fallas contribuyo considerablemente a este proceso.

7.- Actualización de los procedimientos y documentos internos del area de mantenimiento

- Esta fue otra tarea importante que se realizó a la par del análisis de fallas, esta tarea es importante debido a que la empresa se encuentra en un cambio en su estructura organizacional y para ello era necesario actualizar o modificar los diversos procedimientos del área de mantenimiento y la documentación interna como mapas de puestos, planos de ubicación de los equipos de jarabes, clarificado y tratamiento de aguas de proceso, además de los inventarios de herramienta que se encontraba obsoleta.

8.- Revision de resultados de las mejoras aplicadas mediante el indicador de eficiencia mecánica

- Esta fue la última etapa del proyecto en donde, una vez los planes se actualizaron e implementaron en la planta, se procedió a observar si existía una mejora en la incidencia de estos fallos.
- Para ello se utilizó el indicador de eficiencia mecánica que esta implementado en planta, y es utilizado para medir la efectividad del área de mantenimiento y su planificación.

Resultados

Una de las primeras tareas a realizar fue la elaboración de los planos de distribución as líneas de producción a estudiar (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3), para la elaboración su elaboración se visitaron los diferentes equipos, y se identificaron sus componentes principales, además, para el caso de los transportadores aéreos y de cadena se ubicaron todos los motores y turbinas intervienen en su funcionamiento, para el área en donde se encuentran las llenadoras y el mixer se ubicaron las bombas que se permiten la distribución de los diferentes fluidos para el proceso de llenado (jarabe, CO₂, Agua, producto mezclado) además de aquellas que intervienen en el proceso de sanitizado.

Los planos se realizaron en AutoCAD y permiten visualizar de mejor manera el proceso de embotellado de estas líneas, observando también que los equipos que conforman estas líneas son los mismos: sopladora, transportador aéreo, etiquetadora, llenadora, trasportadores de cadena, empacadora y paletizadora.

Para el caso de la sopladora, empacadora y paletizadora, se realizó un diagrama en donde se esquematiza la ubicación de los diferentes motores que intervienen en su operación (Anexo 4, Anexo 5, Anexo 6 respectivamente), la elaboración de estos diagramas es importante ya que se realizan tareas de mantenimiento frecuentes sobre estos motores y con los diagramas se facilita su ubicación y control.

Una vez identificados los equipos con los que se va a trabajar en este proyecto, los procesos internos del área de mantenimiento y el personal encargado de estas áreas se procedió a realizar en análisis de las diferentes fallas que acontecieron durante el periodo comprendido de enero-abril del 2024.

Como primer paso se analizó el registro de fallas que iba aconteciendo durante el transcurso de este proyecto, este registro de fallas se lleva a cabo mediante una tabla en Excel en donde se anotan los siguientes datos:

- Fecha

- Coordinadores a cargo durante el turno
- Tipo de falla (mecánico, eléctrico o electrónico)
- Operador en turno
- Descripción detallada de la falla
- Equipo donde aconteció la falla
- Zona de la máquina de la falla
- Línea donde se ubica el equipo
- Tiempo de paro debido a la falla

Este registro es importante ya que de su análisis se obtienen mejoras para los planes de mantenimiento, además que los indicadores para el área (eficiencia mecánica, tiempo de reparación y tiempo medio entra fallas) se determinan con los tiempos que se anotan aquí.

Para identificar aquellas fallas o equipos que no contaban con un plan de mantenimiento definido, se comparó la información de las fallas con los planes que estaban dados de alta.

La forma en que el departamento lleva a cabo la planificación de su mantenimiento es mediante la Plataforma SAP, en donde los equipos con los que cuenta la planta están dados de alta, así como los diferentes planes de mantenimiento preventivo y predictivo implementados, en estos planes se especifican las tareas que se van a realizar, el tipo de mantenimiento, el encargado de realizarlo y la frecuencia con que se realizara, además de los insumos necesarios para llevarlo a cabo.

Se identificaron diversos equipos y componentes que no contaban con un plan en concreto.

También se comparó mensualmente la cantidad de horas de paro debido a fallas que se presentó para cada equipo, los resultados se presentan a continuación.

Durante el mes de enero (Ilustración 14) los equipos que presentaron más fallas o acumularon más tiempo de paro fueron los equipos de soplado (L1 y L2), llenadora (L3 y L4) y paletizadora (L3), las fallas se debieron a problemas con la rueda de soplado, las estaciones de soplado y los sistemas de comunicación para el caso de

las sopladoras; fallas en las válvulas de llenado, fallos en el sistema de mezcla mixer, problemas en los nodos del sistema de comunicación para el caso de la llenadora; mientras que para la paletizadora los fallos principales se debieron a problemas en el sistema de corte y la configuración de los parámetros de corte.

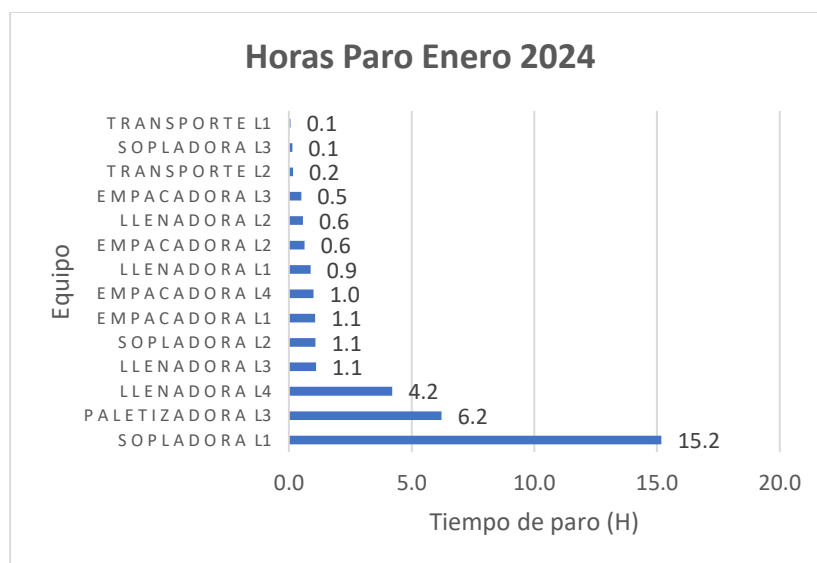


Ilustración 14 Horas de paro en equipos de líneas de producción durante el mes de enero.

Durante el mes de febrero (Ilustración 15) las fallas más significativas ocurrieron principalmente en las empacadoras seguido de las máquinas de soplado.

Los fallos en estos equipos según los registros se originaron para las empacadoras debido a fallos en los sistemas de corte de film relacionados a problemas electrónicos para el ajuste y control de los parámetros de corte, para el caso de las sopladoras los problemas asociados a las estaciones y rueda de soplado, y a problemas de comunicación con estos componentes.

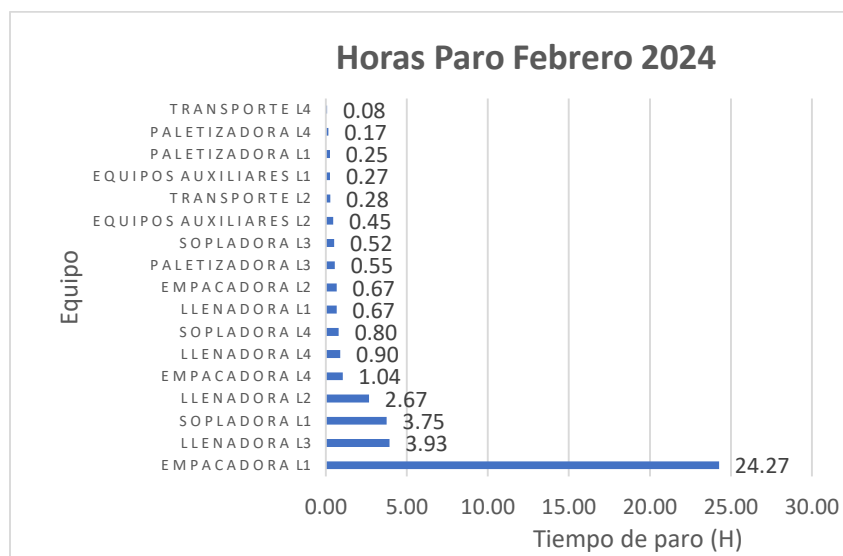


Ilustración 15 Horas de paro en equipos de líneas de producción durante mes de febrero.

Durante el mes de marzo () las fallas más significativas ocurrieron en la empacadora (L1) debido a problemas electrónicos para ajustar parámetros de corte; las sopladoras (L1 y L3) debido a problemas de sistema de comunicación en estaciones de soplado y alarmas relacionadas con problemas en ruedas de soplado, además de paros imprevistos debido a variación de voltaje y llenadora (L4 y L3) debido a fallas en el sistema de bombas del mixer, además de problemas relacionados al sistema de comunicación y a alarmas de sincronización del equipo.



Ilustración 16 Horas de paro en equipos de líneas de producción durante mes de marzo.

Para el mes de abril las fallas ocurrieron en sopladora (L4 y L3) con fallas debidas a el sistema de comunicación Ethernet de la maquina y el sistema de control de servomotores en estaciones de soplado, llenadora (L3 y L4) fallas en el sistema de mezclado mixer por problemas en válvulas y bombas de suministro y alarmas en tarjetas de control de llenado (TX); en empacadora (L4 y L1) por problemas de comunicación con horno de calefacción y driver del transportador de envolvedor ; en paletizadora (L3) por problemas con la resistencia de corte y alarmas en barreras de seguridad.



Ilustración 17 Horas de paro en equipos de líneas de producción durante mes de abril.

De acuerdo los resultados obtenidos del análisis de los datos en los registros de fallas en el periodo enero-abril se decidió centrar la atención en cuatro equipos que presentaron más horas de paro y una mayor incidencia de fallos.

Estos equipos fueron

- Sopladora
- Llenadora
- Paletizadora
- Empacadora

Una vez identificados estos equipos se procedió a identificar las principales fallas que ocurrieron dentro del periodo de estudio, con la descripción del fallo se identificaron y agruparon esta falla para cada equipo.

Una vez se identificaron aquellas fallas recurrentes, se procedió a investigar las causas que las provocaron o que las pudieron haber provocado, para ello se entrevistó con las personas encargadas de dar mantenimiento y atención a estos equipos, además se buscó información en los manuales sobre recomendaciones y pasos a seguir en determinadas fallas, todo esto con el fin de obtener una mayor comprensión y resolución de estas fallas, también se agregaron algunas acciones que se pudiesen realizar inmediatamente y que ayudara a la resolución de la falla lo más rápido posible, debido a que mejorar los tiempos de respuesta del personal a fallos disminuiría el tiempo de paro por falla y se mejoraría la continuidad en la producción, mejorando con ello los indicadores del área de mantenimiento y la confiabilidad en los equipos.

La información que se obtuvo de todo este proceso de investigación se resume en tablas enumerando los principales fallos de sopladoras (Anexo 8), llenadoras (Anexo 9), empacadoras (Anexo 10) y paletizadoras (Anexo 11).

Con la información recopilada de las distintas fallas se procedió a realizar la metodología SCAT, dicha metodología se basa en un cuadro donde se encuentra todo el desarrollo de la causalidad de un suceso, donde se sigue el camino que le indica el cuadro, para determinar las causas inmediatas y causas raíz de un suceso.

Esta metodología es ampliamente usada para la investigación que dieron origen a accidentes en el ámbito laboral, aunque también puede utilizarse para cualquier suceso que dio origen a una pérdida o fallo.

Se realizó esta metodología para los equipos de soplado (Anexo 12), llenado (Anexo 13), empacado (Anexo 14) y Paletizado (Anexo 15).

La descripción y uso de estos cuadros se explica a continuación:

Tomaremos como ejemplo el Cuadro SCAT realizado para fallas en sopladora.

La primera sección de este cuadro es donde se evalúa el potencial de la falla si no se controla adecuadamente, cuando sucede un accidente se anota la severidad, la ocurrencia y el tiempo de fallo. Esto con el fin de identificar el grado de afectación de una falla en el proceso.

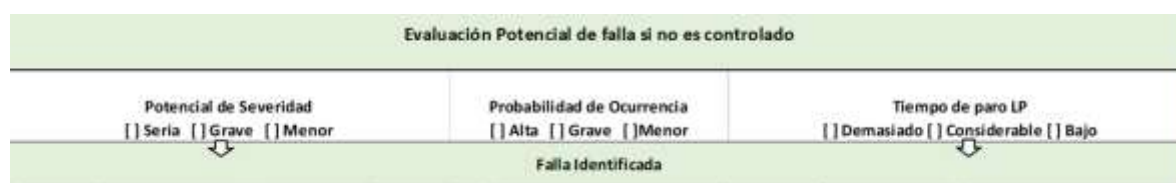


Ilustración 18 Apartado de Evaluación del potencial de afectación de fallas

La siguiente sección está comprendida por las diferentes fallas (sucesos) que se identificaron y se enlistan, junto a cada falla se observa un aparatado que presenta la leyenda Ver CI (Causas inmediatas o directas), esto hace referencia a la siguiente sección donde se presentan las causas inmediatas de cada fallo, para seguir la cadena de causalidad es necesario ir descendiendo por el cuadro SCAT.

Falla Identificada				
Alarma F 003 Presión de entrada P1 fuera de rango Ver CI (1, 2, 4, 5, 6) Alarma F 003 Presión de entrada P2 fuera de rango Ver CI (1, 2, 4, 5, 6) Alarma F 004 Si no se controla el flujo de material Ver CI (10, 12) Alarma F 005 Fuga de escape de fluido en la unidad de escape o punto de conexión Ver CI (18) Alarma F 006 Sistema de extracción de niebla en posición Ver CI (18, 19, 20)	Alarma F 007 Activación de la sonda de detección de gases de escape Ver CI (9, 21) Alarma F 008 Parada de Emergencia manual Ver CI (7, 19) Alarma F 009 F10 F10 sistema de puerta Ver CI (7, 11, 19) Alarma de falta de agua Ver CI (22) Retorno de agua de escape por el sistema Ver CI (12, 10, 20, 24)	Preflujo de entrada al plato Ver CI (9, 10, 21, 22, 23) Alarma de nivel de agua Ver CI (9, 10, 22) Fuga sistema de escape Ver CI (10, 19) Fuga de agua Ver CI (11) Vaso de escape de agua Ver CI (20, 22, 23) Ver CI (10)	Si no se controla la fuga Ver CI (9, 10, 21) Fuga de refrigerante de motor y radiador Ver CI (1) Si no se controla la fuga Ver CI (10, 19) Si no se controla el escape de agua Ver CI (10, 19) Preflujo de agua en el punto de escape Ver CI (10)	Si no se controla la fuga Ver CI (10, 19, 20) Fuga de agua en la estación de escape Ver CI (11, 19) Si no se controla la fuga Ver CI (10, 19) Si no se controla la fuga Ver CI (10, 19) Si no se controla la fuga Ver CI (10, 19)

Ilustración 19 Apartado de lista de Fallas identificadas

Descendiendo por el cuadro encontramos la siguiente sección (Ilustración 20) que corresponde a las causas inmediatas, y se refiere a circunstancias antes del incidente y originaron directamente la falla, se refiere a condiciones, comportamientos o actos inadecuados.

Causas inmediatas o directas (CI)				
1. Empuñadura del motor no está en posición Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	2. Sistema de seguridad no está funcionando Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	3. Falta de lubricación Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	4. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	5. Falta de mantenimiento Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
6. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	7. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	8. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	9. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	10. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
11. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	12. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	13. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	14. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	15. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
16. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	17. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	18. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	19. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	20. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
21. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	22. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	23. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	24. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	25. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
26. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	27. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	28. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	29. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	30. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
31. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	32. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	33. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	34. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	35. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
36. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	37. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	38. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	39. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	40. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
41. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	42. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	43. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	44. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	45. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
46. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	47. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	48. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	49. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	50. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
51. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	52. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	53. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	54. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	55. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
56. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	57. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	58. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	59. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	60. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
61. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	62. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	63. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	64. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	65. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
66. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	67. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	68. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	69. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	70. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
71. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	72. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	73. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	74. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	75. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
76. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	77. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	78. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	79. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	80. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
81. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	82. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	83. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	84. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	85. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
86. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	87. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	88. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	89. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	90. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
91. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	92. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	93. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	94. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	95. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15
96. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	97. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	98. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	99. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15	100. No se está utilizando el equipo de protección personal Ver (CB) 10, 11, 12, 13, 14, 15

Ilustración 20 Apartado de Causas inmediatas

Debajo de cada causa identificada como inmediata se encuentra una leyenda que referencia al siguiente apartado conocido como CB (causas básicas o raíz).

Esta sección se enlistan aquellos factores que contribuyen a la existencia de las causas inmediatas y para ser reconocidas se necesita de un mayor análisis.

Para mejorar su identificación se clasificaron las causas en cinco categorías:

- Causas mecánicas (M) causas que afectan el funcionamiento de los componentes de una máquina, estas pueden dañar las propiedades mecánicas de los materiales que los componen además de su integridad.
- Causas electrónicas (T) causas que impiden la operación de uno o más componentes electrónicos. Aquellas causas asociadas a la programación, control o la red de comunicación de la máquina con sus diferentes componentes.
- Causas eléctricas (E) es una causa que impide la operación de uno o más equipos o componentes de un sistema eléctrico de potencia. También aquellas causas donde se presente cualquier interrupción del flujo eléctrico.
- Causas operacionales (O) causas asociadas a la operación y forma de uso de la máquina, parámetros de receta y tareas asignadas a los operarios de la maquina

- [illegible]

Una vez que se ha identificada las causas raíz que pueden llevar a una eventual falla, es necesario checar si existe una medida de control que ayude a eliminar o mitigar su aparición.

Estas se plantearon de acuerdo con las actividades que se realizan en el área de mantenimiento.

[illegible]

47

Además, en este apartado se verifica si existen implementadas estas necesidades de control, se evalúa si el programa está presente (P), si existen estándares o indicadores para su medición (E) y si se están cumpliendo estas actividades (C).

Esto nos sirve para checar si en el área de mantenimiento se encuentran integradas estas tareas dentro de los planes de mantenimiento o de lo contrario implementarlas.

Conclusiones del proyecto

Para este proyecto se conoció ampliamente el proceso de embotellado realizado en la planta, se aprendió sobre el funcionamiento de diferentes máquinas y componentes de las líneas de producción.

Se aprendió sobre las tareas de mantenimiento y el proceso de planificación de mantenimiento que se lleva a cabo en la empresa, además de la importancia de contar con planes de mantenimiento oportunos para prevenir fallas.

Se ubicaron equipos, componentes y herramientas obsoletos en la planta, además de identificar equipos que no contaban con planes de mantenimiento existentes.

Se identificaron aquellos equipos con más fallos: los equipos de soplado de botella PET, las llenadoras de producto, las empacadoras y paletizadoras, que contaron con el mayor tiempo de paro y la mayor cantidad de incidentes.

Se identificaron causas inmediatas y raíz que originaron las fallas presentes en los equipos analizados durante este proyecto, mediante la metodología SCAT, además de identificar las necesidades de control para el área de mantenimiento.

Se desarrollaron planos esquemáticos de las áreas de producción de la planta que permiten una mejor visualización del proceso, además de la ubicación de motores, bombas y turbinas.

Se actualizaron procedimientos y documentos internos en el área de mantenimiento en base a las necesidades y actividades que se realizan, esta necesidad de actualización se realizó debidos cambios en la estructura interna de la empresa y su gestión, los documentos realizados fueron revisados, validados y aprobados por el área de auditoría.

Con base en los resultados arrojados del análisis de causa raíz se modificaron los planes de mantenimiento, para cubrir las necesidades de control que se identificaron para las fallas con los tiempos de paro más significativo de cada mes.

Se implemento la metodología SCAT como un método de investigación a aplicar cuando sucede una falla, con la finalidad de identificar las causas del suceso, esto ayuda a operarios y coordinadores a reducir tiempos y dirigir al personal adecuado para el mantenimiento.

Competencias desarrolladas

- Durante el transcurso de este proyecto se desarrollaron las siguientes habilidades y conocimientos.
- Aprender a leer e interpretar diagramas eléctricos, hidráulicos y neumáticos de equipos industriales.
- Conocimiento del proceso de producción y embotellado de bebidas no alcohólicas.
- Reforzamiento del conocimiento de electricidad y electrónica, con casos de estudio prácticos para el análisis de fallas. Se aprendió y observo los diferentes componentes eléctricos y electrónicos que integran los equipos industriales, además de cómo se realiza su mantenimiento.
- Se aprendió a utilizar la herramienta SAP y su importancia en la planificación del mantenimiento.
- Se aprendió sobre el proceso de planeación de mantenimiento en la industria. Planes y procedimientos que se llevan a cabo para poder realizar las tareas de mantenimiento a maquinaria.
- Se reforzaron habilidades en el uso de herramientas CAD para la elaboración de planos y esquemas de la planta.
- Se aprendió a utilizar la metodología SCAT para el análisis de fallas, identificando las causas raíz.
- Se desarrollaron y reafirmaron conocimiento en el área mecánica, funcionamiento de las diferentes maquinas que componen las líneas de producción, operación y mantenimiento de motores, electroválvulas y compresores.

Fuentes de información

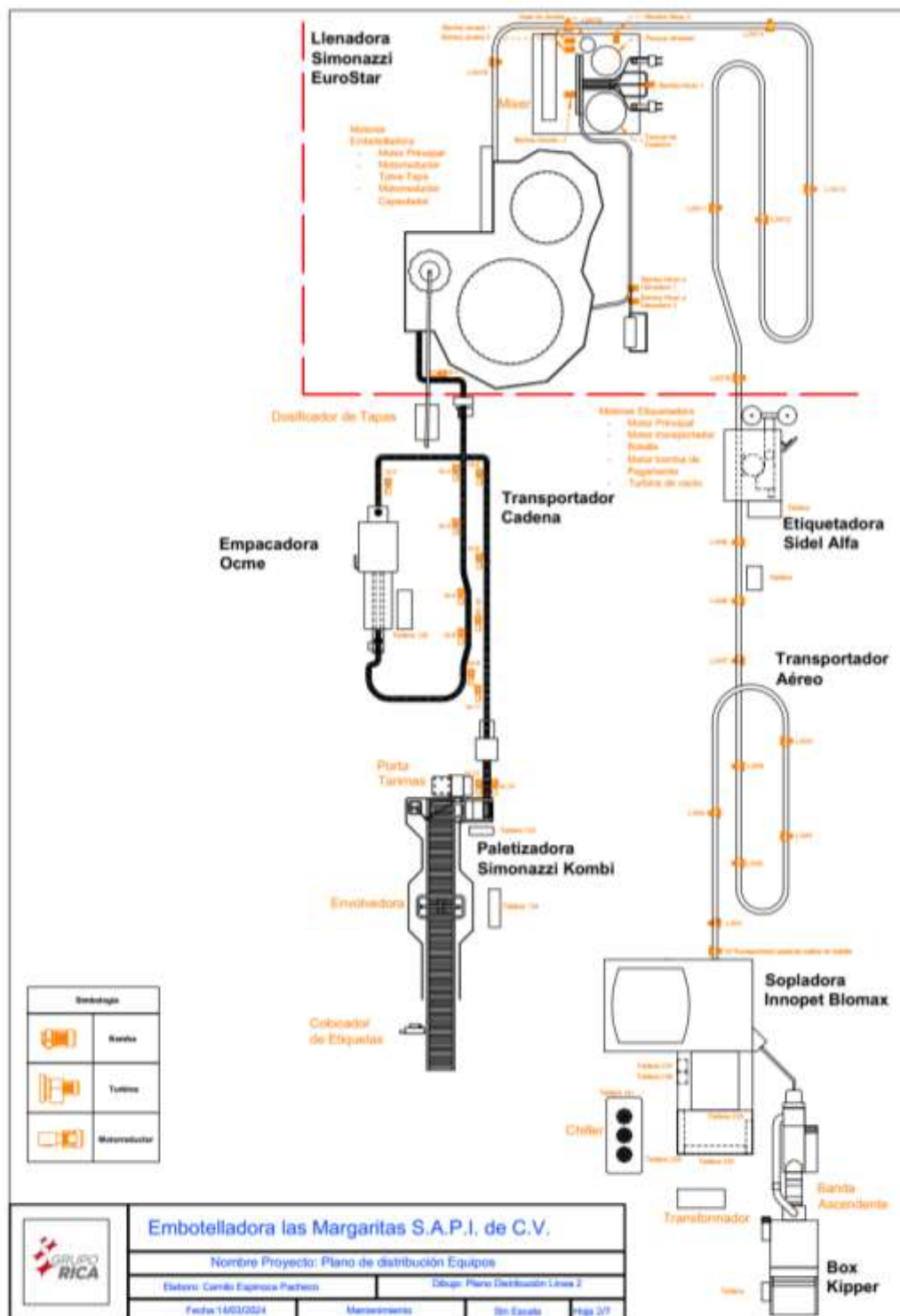
- Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Seguridad, Aeronáutica y Espacio-TEDAE. (11 de 09 de 2019). *Guía para el análisis de causa raíz*. Obtenido de <https://cicsp.org/wp-content/uploads/2019/09/Taller-ACR-analisis-causa-raiz.pdf>
- Delgado, M., Márquez, H. G., Rizo, J. N., & Romero, L. (2013). *Guía Técnica para el Análisis Causa – Raíz de Eventos Adversos en hospitales*.
- Fracctal. (02 de 08 de 2023). *Análisis de fallos en mantenimiento: qué es y como implementarlo*. Obtenido de <https://www.fracttal.com/es/blog/analisis-de-fallos-en-mantenimiento>
- HIJ Machinery. (27 de 12 de 2019). *Principio de funcionamiento de la máquina de etiquetado*. Obtenido de <https://www.trustarpack.com/news/working-principle-of-labeling-machine-30574254.html>
- HSETools. (03 de 05 de 2022). *Metodología SCAT para la investigación de incidentes*. Obtenido de <https://hse.software/2022/05/03/metodologia-scat-para-la-investigacion-de-incidentes/>
- Infinitalia Industrial consulting. (29 de 12 de 2023). *Estudios de fallas en mantenimiento industrial: ¿Por qué realizarlos?* Obtenido de <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/los-estudios-de-fallas-en-maquinaria-por-que-debemos-realizarlos/>
- José R. Aguilar Otero, R. T. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Ciencia y Tecnología* 790, 15-26.
- Mecalux. (10 de 03 de 2023). *Formas de paletizar la mercancía y beneficios*. Obtenido de <https://www.mecalux.es/blog/paletizar-mercancia>
- MME. (2024). *¿Qué es paletizado, en qué consiste y cuáles son sus características?* Obtenido de <https://todoembalaje.com/paletizado-que-es-caracteristicas.html>
- Montilla, C. A. (2015). *Mantenimiento Industrial*. Pereira, Colombia: Colección Textos Académicos.
- NASA. (08 de 2002). *Fault Tree Hand book with Aerospace Applications*. Obtenido de https://www.mwftr.com/CS2/Fault%20Tree%20Handbook_NASA.pdf
- North of England P&I Association. (07 de 2015). *Root Cause Analysis*. Obtenido de <https://www.nepia.com/root-cause-analysis-lp-briefing/1000>
- PackagimLatam. (06 de 07 de 2023). *Maquinas sopladoras PET ventajas y desventajas*. Obtenido de <https://packaginglatam.com/35-maquinas-sopladoras-pet-y-sus-ventajas-y-desventajas/>

- Qualitymant Group. (11 de 09 de 2020). *Cómo optimizar un plan de mantenimiento preventivo*. Obtenido de <https://qualitymant.com/como-optimizar-un-plan-de-mantenimiento-preventivo/>
- Rachild, C., Mounia, T., Mohamed, B., Ion, V., & A., B. (2014). Failure: a source of progress in maintenance and design. *Physics Procedia*(55), 185-191.
- Region Digital. (27 de 03 de 2024). *Principales ventajas de contar con una enfardadora en el proceso productivo de la empresa*. Obtenido de <https://www.regiondigital.com/noticias/reportajes/392776-principales-ventajas-de-contar-con-una-enfardadora-en-el-proceso-productivo-de-la-empresa.html>
- Reliable Machinery. (28 de 03 de 2024). *¿Cómo funciona una máquina llenadora?* Obtenido de <https://www.reliable-machine.com/es/news/how-filling-machine-work.html>
- SMF. (2021). *Transportador aéreo*. Obtenido de [https://smfgmbh.com/es/producto/transportador-aereo/#:~:text=El%20transportador%20a%C3%A9reo%20\(transportador%20neum%C3%A1tico,funcionamiento%20autom%C3%A1tico%20de%20la%20%C3%ADnea](https://smfgmbh.com/es/producto/transportador-aereo/#:~:text=El%20transportador%20a%C3%A9reo%20(transportador%20neum%C3%A1tico,funcionamiento%20autom%C3%A1tico%20de%20la%20%C3%ADnea).
- Tech-Long. (21 de 06 de 2024). *how does a bottle beverage filling machine work?* Obtenido de <https://www.tech-long.com/es/a-how-does-a-bottle-beverage-filling-machine-work.html>
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2006). *El Mantenimiento General, Administración de Empresas*.

Plano disposición de equipos - Línea Producción 1

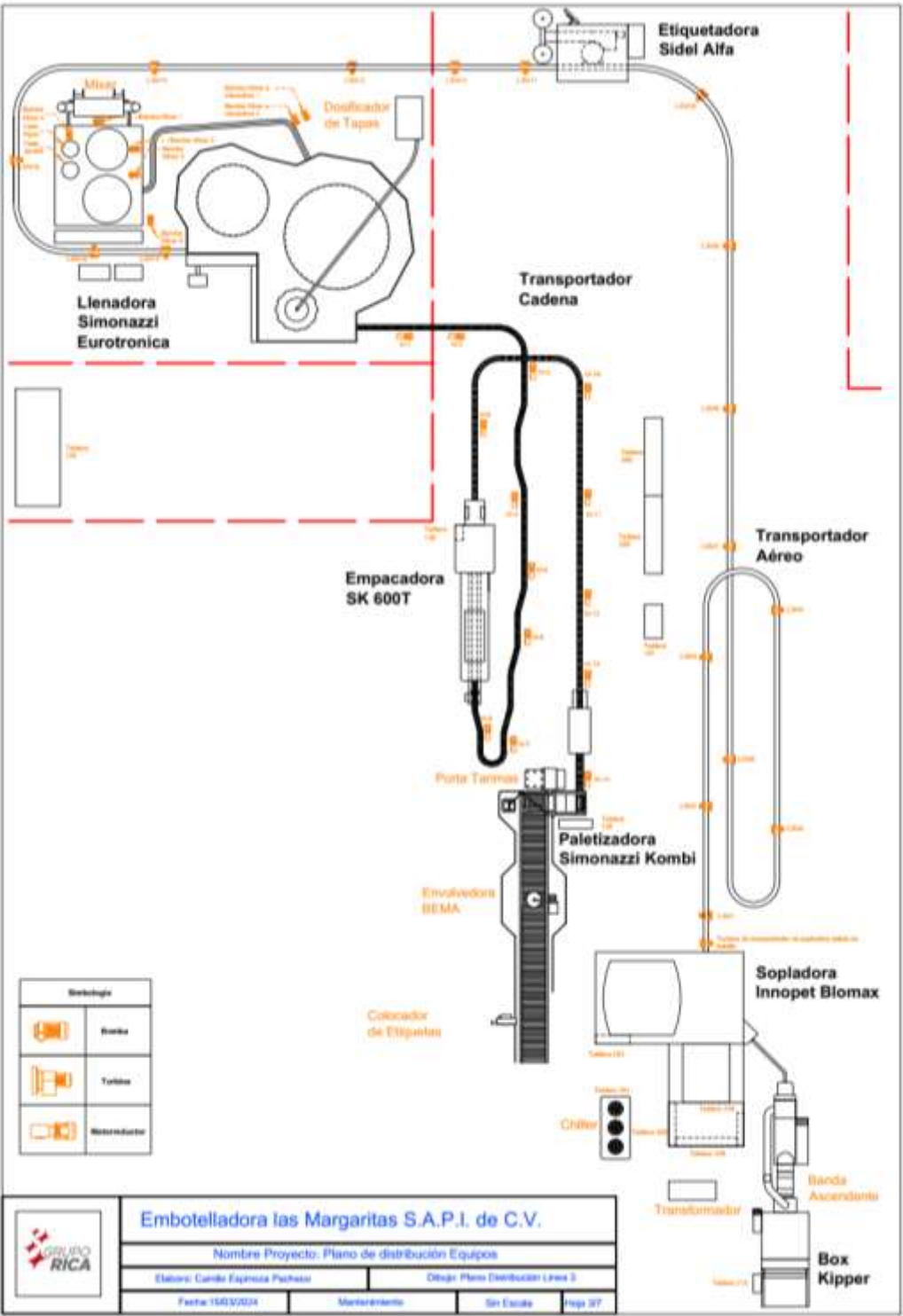


Plano disposición de equipos - Línea Producción 2



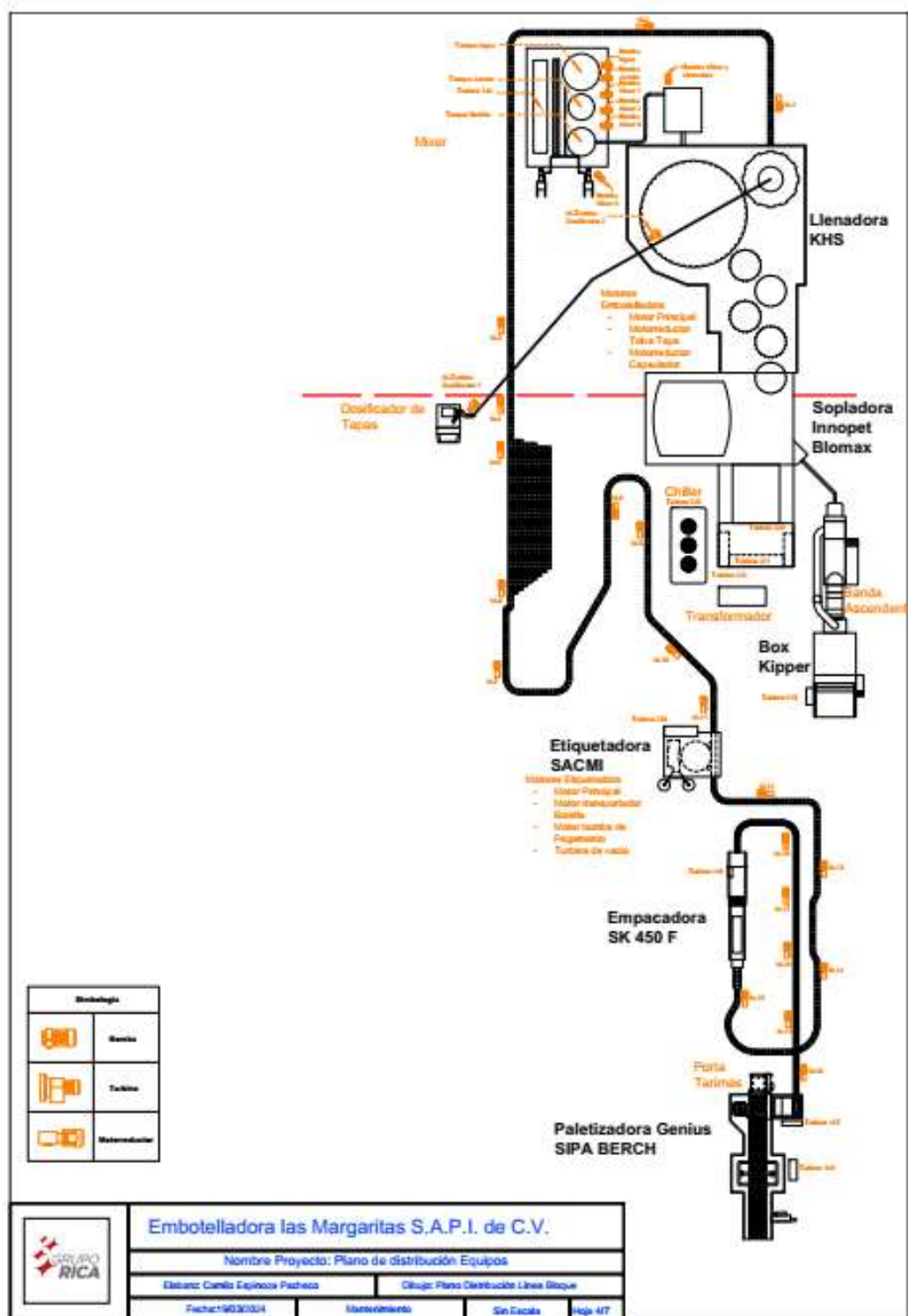
Anexo 1 Disposición de equipos L2

Plano disposición de equipos - Línea Producción 3



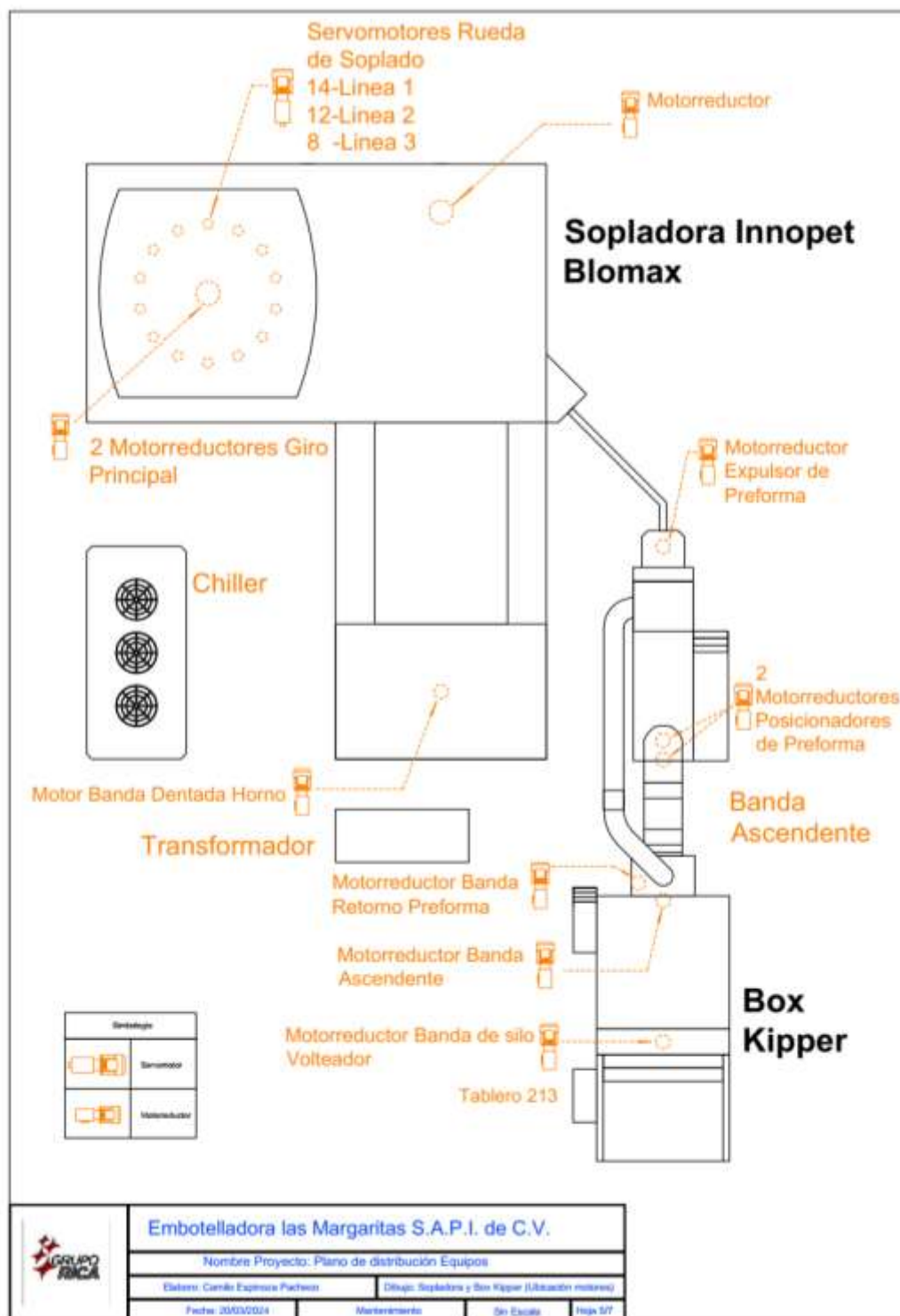
Anexo 2 Disposición de equipos L3

Plano disposición de equipos - Línea 4 (Bloque)



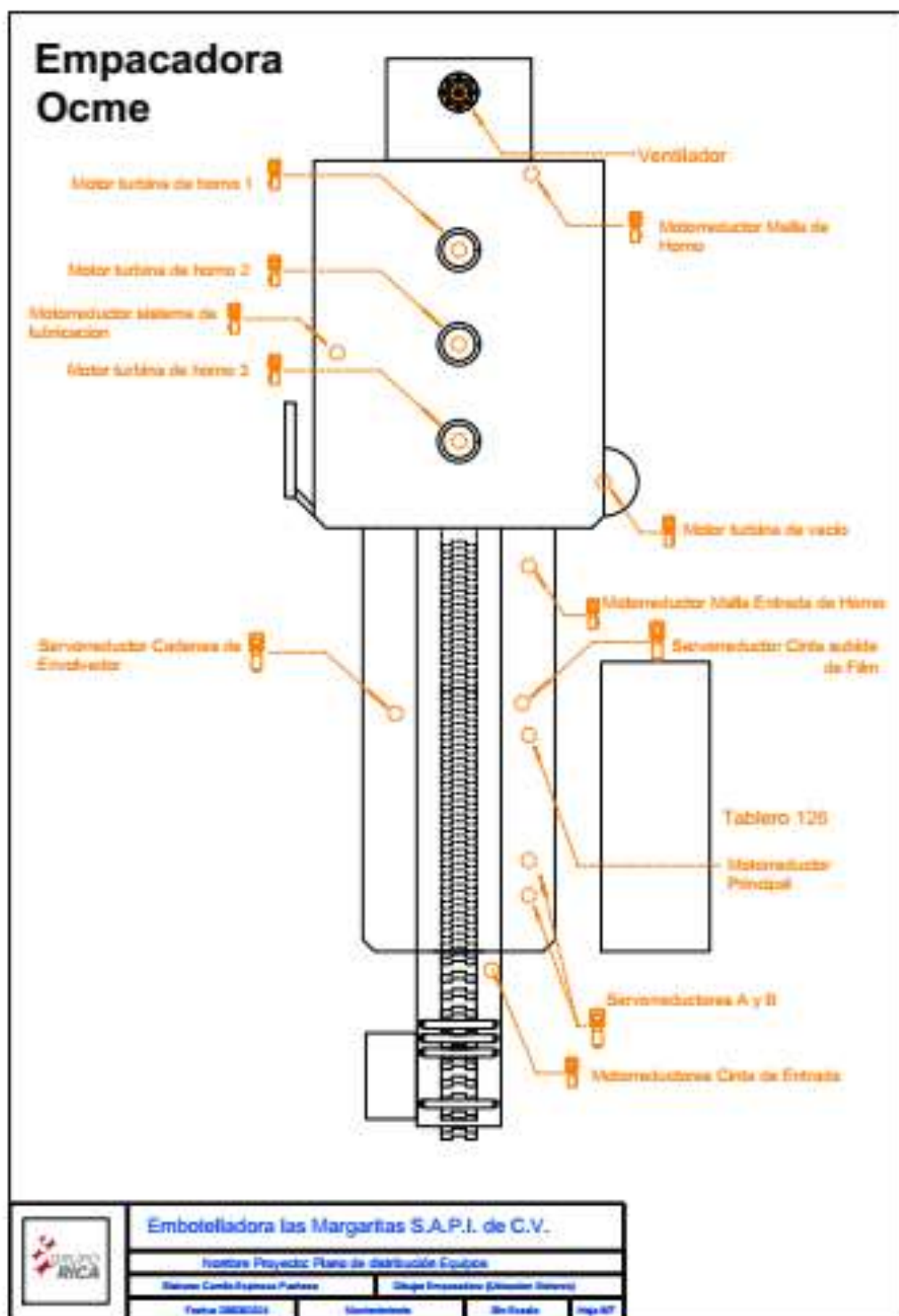
Anexo 3 Disposición de equipos L4 (Bloque)

Diagrama de ubicación motores principales en sopladoras de Líneas de Producción



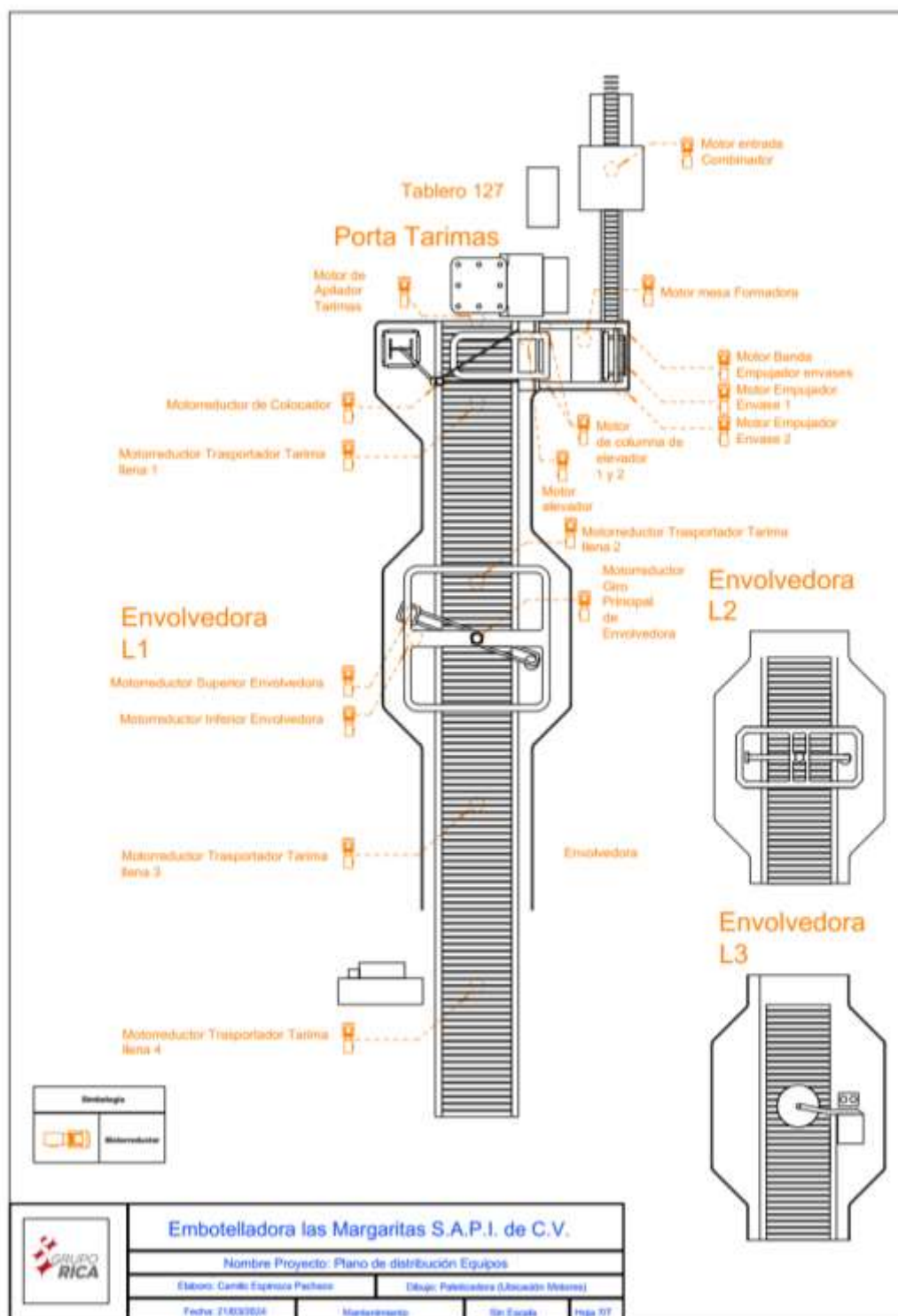
Anexo 4 Diagrama de Sopladora y ubicación de sus principales motores

Diagrama de ubicación motores principales en Empacadora de Líneas de Producción



Anexo 5 Diagrama de empacadora y ubicación de los motores principales

Diagrama de ubicación motores principales en Paletizadora de Líneas de Producción



Anexo 6 Diagrama de paletizadora y ubicación de sus principales motores

Tabla de fallos principales en Sopladora

Fallas Sopladora				
N°	Falla	Causa inmediata	Causa Raíz	Acción inmediata que ayude a solucionar el problema
1	Alarma F1023 Presión de soplado P1 fuera de intervalo	Componentes/sellos mecánicos ES dañados Sistema neumático ES desajustado Válvulas estación de soplado dañados Problemas alimentación sistema de aire a presión Conductos neumáticos dañados/mal conectados	Embolo presión (P1) dañado (MEC) Sello de varilla dañado/ mal lubricado (MEC) Sello tobera dañado/mal lubricado (MEC) Sello Pancake dañado/mal lubricado (MEC) Electroválvulas P1 desajustadas/dañadas (TRON) Regulación de P1 defectuoso (TRON) Filtro de aire sucio(MEC) Valores de P1 erróneos (TRON) Electroválvula para purgado defectuosa (TRON) Conexión electroválvula dañada/mal conectada (TRON) Válvula de aire cerrada(MEC) Compresor aire dañado/defectuoso (MEC) Presión de sistema aire comprimido insuficiente (MEC) Desconexión mangueras (MEC) Presencia oxido en tuberías (MEC)	Cambio de embolo P1 Lubricación/Cambio sello Cambio/limpieza/ajuste electroválvulas de P1 o P2 Cambio Filtro Ajuste de parámetros receta Cambio/limpieza/ajuste electroválvula Reconexión conectores/cables Inspección válvula de alimentación de aire Inspección tuberías de aire en busca de obstrucción o fuga Reconexión/cambio mangueras Limpieza tuberías y válvulas de purga
2	Alarma F1023 Presión de soplado P2 fuera de intervalo	Componentes/sellos mecánicos ES dañados Sistema neumático ES desajustado Válvulas estación de soplado dañados Problemas alimentación sistema de aire a presión Conductos neumáticos dañados/mal conectados	Embolo presión (P2) dañado (MEC) Sello de varilla dañado/ mal lubricado (MEC) Sello tobera dañado/mal lubricado (MEC) Sello Pancake dañado/mal lubricado (MEC) Electroválvulas P2 desajustadas/dañadas (TRON) Regulación de P2 defectuoso (TRON) Filtro de aire sucio(MEC) Valores de P2 erróneos (TRON) Electroválvula para purgado defectuosa (TRON) Conexión electroválvula dañada/mal conectada (TRON) Válvula de aire cerrada(MEC) Compresor aire dañado/defectuoso (MEC) Presión de sistema aire comprimido insuficiente (MEC) Desconexión mangueras (MEC) Presencia oxido en tuberías (MEC)	Cambio de embolo P1 Lubricación/Cambio sello Cambio/limpieza/ajuste electroválvulas de P1 o P2 Cambio Filtro Ajuste de parámetros receta Cambio/limpieza/ajuste electroválvula Reconexión conectores/cables Inspección válvula de alimentación de aire Inspección tuberías de aire en busca de obstrucción o fuga Reconexión/cambio mangueras Limpieza tuberías y válvulas de purga

3	Alarma F1040 Monitoreo de Ethernet	Fallo en conexión Ethernet Fallo PLC	-Cable de conexión PLC-servo dañado/mal conectado (TRON) -Cables isla de Comunicación dañados/mal conectados (TRON) -Tarjeta Ethernet defectuosa (TRON) -PLC no está en modo operación (TRON) -Módulo PLC dañado (TRON) -Fuente de alimentación PS5 dañada (ELE)	-Cambio/Reconexión Cable PLC-Servo -Reconexión cable/conector islas de comunicación -Inspección/Cambio Tarjeta Ethernet -Poner PLC en modo RUN -Cambio de fuente alimentación
4	Alarma F1042 Falla decodificador rueda de soplado o rueda de calefacción	Fallo encoder	-Encoder dañado (TRON) -Posición encoder no se encuentra en punto 0 (TRON) -Cable de codificador absoluto dañado/mal conectado (TRON)	-Revisión/Cambio encoder -Colocar maquina en punto 0 -Cambio/Reconexión cable
5	Alarma F1050 Sistema de estirado no en posición	Fallo en conexión Ethernet Variación de voltaje inesperada Falla sensores ES	Cable de conexión PLC-servo dañado/mal conectado (TRON) Cables isla de Comunicación dañados/mal conectados (TRON) Tarjeta Ethernet defectuosa (TRON) Falla en el suministro de energía eléctrica (TRON) Falla en tablero TGD (ELE) Sensor estación de soplado mal ajustado o defectuoso (TRON)	-Cambio/Reconexión Cable PLC-Servo -Cambio/Reconexión Cable PLC-Servo -Inspección/Cambio Tarjeta Ethernet Cambio/ajuste sensor de ES
6	Alarma F1060 Acumulación de botellas detrás de pinza de botellas	Obstrucción en trasp. Aéreo Falla sensor botella de transp. aéreo	Sensor botella Transp. Aéreo dañado/desconectado (TRON) Botella atorada (MEC) Sensor botella Transp. Aéreo dañado/desconectado (TRON)	
7	Alarma F1061 Parada de Emergencia manual	Sistema de seguridad Pilz defectuoso o mal ajustado Problemas con guardas, paros y puertas de seguridad	Relevador de seguridad dañado (TRON) Cables o conexiones Pilz dañados/mal conectados (TRON) Sensores puertas dañados/mal ajustados (TRON) Puertas seguridad abiertas/no cierran adecuadamente (MEC) Paro de seguridad dañado/desconectado (TRON)	
8	Alarma F1101-F1131 Monitoreo de puerta	Sistema de seguridad Pilz defectuoso o mal ajustado Problemas con guardas, paros y puertas de seguridad Variación de voltaje inesperada	Relevador de seguridad dañado (TRON) Cables o conexiones Pilz dañados/mal conectados (TRON) Sensores puertas dañados/mal ajustados (TRON) Puertas seguridad abiertas/no cierran adecuadamente (TRON) Paro de seguridad Activado/dañado/desconectado (TRON) Falla en el suministro de energía eléctrica (ELE) Falla en tablero TGD (ELE)	

9	Alarma de fallo C600	Falla en el controlador de servomotor	Servocontrolador sistema estirado defectuoso (TRON) C600 dañado/desajustado (TRON)	
10	Preforma entra a soplado, pero tira botella	Componentes/sellos mecánicos ES dañados Sistema neumático ES desajustado Fallo en conexión Ethernet Falla sensores ES Fallo sistema expulsión botella	Embolo presión (P1 o P2) dañado (MEC) Sello de varilla dañado/ mal lubricado (MEC) Sello tobera dañado/mal lubricado (MEC) Sello Pancake dañado/mal lubricado (MEC) Electroválvulas P1 o P2 desajustadas/dañadas (TRON) Regulación de P1 o P2 defectuoso (TRON) Filtro de aire sucio (MEC) Valores de P1 o P2 erróneos (TRON) Cable de conexión PLC-servo dañado/mal conectado (TRON) Cables isla de Comunicación dañados/mal conectados (TRON) Tarjeta Ethernet defectuosa (TRON) Sensor estación de soplado mal ajustado o defectuoso (TRON) Electroválvula pistón expulsión dañada/enclavada (TRON) Pistón neumático expulsión botella dañado (MEC) Conexión de electroválvula dañado/mal conectado (TRON)	
11	Preforma no entra a soplado	Obstrucción en molde Fallo en conexión Ethernet Falla sensores ES Fallo sistema apertura molde	Error/omisión de operador (OPER) Pedazos de plástico atorados (TRON) Preforma atorada (MEC) Molde colocado incorrectamente (OPER) Cable de conexión PLC-servo dañado/mal conectado (TRON) Cables isla de Comunicación dañados/mal conectados (TRON) Tarjeta Ethernet defectuosa (TRON) Sensor estación de soplado mal ajustado o defectuoso (TRON) Electroválvula de pistón apertura dañada (TRON) Pistón de apertura dañado (MEC) Conexión de electroválvula dañado/mal conectado (TRON) Molde colocado incorrectamente (OPER)	
12	Alarma de molde abierto	Obstrucción en molde Variación de voltaje inesperada Falla sensores ES	Error/omisión de operador (OPER) Pedazos de plástico atorados (MEC) Preforma atorada (MEC) Molde colocado incorrectamente (OPER) Falla en el suministro de energía eléctrica (ELE) Falla en tablero TGD (ELE) Sensor estación de soplado mal ajustado o defectuoso (TRON)	

13	Falla sistema calefacción	Mal funcionamiento lámparas y reflectores calefacción Parámetros de operación incorrectos	Lámparas calefacción dañadas/mal ajustadas (TRON) Cableado lámparas calefacción dañado/mal conectado (ELE) Tarjetas de calefacción dañadas/desajustadas (TRON) Carga receta incorrecta (OPER) Desajuste de parámetro de operación (OPER)	
14	Paro súbito	Variación de voltaje inesperada Problemas con guardas, paros y puertas de seguridad	Falla en el suministro de energía eléctrica (ELE) Falla en tablero TGD (ELE) Sensores cierre puertas dañados/mal ajustados (TRON) Puertas seguridad abiertas/no cierran adecuadamente (TRON) Paro de seguridad Activado/dañado/desconectado (TRON)	
15	Varilla estirado no sube	Variación de voltaje inesperada Falla servomotor	Falla en el suministro de energía eléctrica (ELE) Falla en tablero TGD (ELE) Cable de conexión PLC-servo dañado/mal conectado (TRON) Servomotor sistema de estirado dañado (TRON)	
16	Boquilla Preforma dañada	Obstrucción en molde Preforma defectuosa Fallo transportador TP/TB	Error/omisión de operador (OPER) Pedazos de plástico atorados (MEC) Preforma atorada (MEC) Molde colocado incorrectamente (OPER) Presencia de humedad preforma Presencia impurezas Preforma Preforma utilizada se almaceno por mucho tiempo Transportador de preforma dañado/desajustado (TRON) Sensores en TP/TB dañados/desajustados (TRON) Falta lubricación TP/TB (MEC)	
17	Fuga refrigerante de molde y tableros	Conductos refrigerante dañados/mal conectados	Desgaste por uso de mangueras y conectores (MEC) Desconexión mangueras (MEC) Presencia oxido en tuberías (MEC)	
18	Botella Aperlada	Parámetros de operación incorrectos Preforma defectuosa	Carga receta incorrecta (OPER) Desajuste de parámetro de operación (OPER) Presencia de humedad preforma Presencia impurezas Preforma Preforma utilizada se almaceno por mucho tiempo	

19	Botella en estación de soplado se revienta	Fallo PLC Preforma defectuosa	PLC no está en modo operación Módulo PLC dañado Fuente de alimentación PC5 dañada Presencia de humedad preforma Presencia impurezas Preforma Preforma utilizada se almaceno por mucho tiempo	
20	Preforma atorada en guía salida de rodillos	Desajuste guías/guardas	Error/omisión de operador (OPER)	
21	Botella quemada	Fallo PLC Preforma defectuosa Mal funcionamiento lámparas y reflectores calefacción	PLC no está en modo operación (TRON) Módulo PLC dañado (TRON) Fuente de alimentación PS5 dañada (TRON) Presencia de humedad preforma Presencia impurezas Preforma Preforma utilizada se almaceno por mucho tiempo Lámparas calefacción dañadas/mal ajustadas (TRON) Cableado lámparas calefacción dañado/mal conectado (TRON) Tarjetas de calefacción dañadas/desajustadas (TRON)	
22	Fuga de aire estación de soplado	Componentes/sellos mecánicos ES dañados Regulación de P1 o P2 defectuoso Compresor aire dañado/defectuoso	Embolo presión (P1 o P2) dañado (MEC) Sello de varilla dañado/ mal lubricado (MEC) Sello tobera dañado/mal lubricado (MEC) Sello Pancake dañado/mal lubricado (MEC) Electroválvula para purgado desajustadas/dañadas (TRON) Electroválvulas P1 o P2 desajustadas/dañadas (TRON) Conexión de electroválvula dañado/mal conectado (TRON) Sello tobera dañado/mal lubricado (MEC) Desconexión mangueras (MEC) Presencia oxido en tuberías (MEC)	
23	Molde sale de su sitio	Elementos sujeción molde mal apretados	Error/omisión de operador (OPER) Tornillos y seguros sueltos/dañados (MEC) Molde colocado incorrectamente (OPER)	
24	Rodamientos de rodajas de elevación dañados	Falta ajuste altura rodajas	Error/omisión de operador (OPER)	

Anexo 7 Principales fallas identificadas en equipos de soplado PET en el periodo ENE-ABR

Tabla de fallos principales en Llenadora

Fallas Llenadora				
N	Falla	Causa inmediata	Causa Raíz	Acción inmediata que ayude a solucionar el problema
1	Alarma TX	Falla tarjetas TX Interrupción PLC	Tarjetas TX se mojan (TRON) Cable de comunicación TX dañado/desconectado (TRON) Paros súbitos por variación de voltaje (ELE) Parada/Arranque constante equipo (ELE)	Reemplazo de tarjetas TX Reestablecer correctamente máquina, Revisión/ajuste de PLC
2	Fallo por falta de tapa	Fallo en vibrador de tapa Falla dispensador de tapas Falla en transportadores tapa Mala calidad de tapa	Vibrador desajustado (TRON) Sensor entrada tapa (TRON) dañado/desajustado/desconectado Fallo en motor de turbina (ELE, MEC) Atorón de tapa en carrillera (MEC) Tapa ovalada (CAL) Tapa presenta rebaba (CAL)	Ajuste vibrador Revisión y ajusto/Cambio de sensor Revisión eléctrica de motor, integridad mecánica de motor, servicio de mantenimiento Cambio Tapas
3	Fallo en área de válvula de llenado	Componentes del cuerpo de la válvula dañados Componentes columnilla de válvula dañados	Chaleco valv. dañado (MEC) Mariposa dañada (MEC) Caña salida (MEC L2 y L3) Resortes fuera de posición (MEC) Sniff defectuoso/Caído (MEC) Esparcidores dañados (MEC) Balata dañada (MEC) Rodaja dañada (MEC)	Cambio de válvula Cambio de empaques Cambio de mariposa Ajuste de caña Reposicionamiento de resortes Cambio de Sniff Cambio de esparcidores Cambio de Balatas Cambio de rodajas
4	Alarma de fallo en nodo	Falla sistema de comunicación Fallo en PLC	Cable/conectores dañados/Mal conectados (TRON) Fallo conexión Red Profinet (TRON)	Reconexión/cambio de cable comunicación Revisión de Red Profibus Reestablecer PLC correctamente
5	Nivel de depósito inestable/in correcto	Sensor de nivel dañado/Mal ajustado Parámetros erróneos de nivel	Cable/conectores de sensor dañados/desconectados (TRON) Presencia de humedad en sensor de nivel (TRON) Electroniveles mal ajustados (OPER) Carga de receta incorrecto (OPER)	Verificar conexiones y cables Reparación de fugas, limpieza de sensor Corregir parámetros

6	Llenado de producto incorrecto	Parámetros operación incorrectos Componentes cuerpo de la válvula de llenado dañados Falla Medidor de flujo Fallo sistema control de flujo Mal funcionamiento sistema neumático de apertura de válvulas Gomas de sellado dañado Falta de producto en depósito Falta total de estanqueidad entre botella y campanita de contraje Sensor de nivel no funciona (L1 y L4) Válvula reguladora para presión de presurización averiada	Receta incorrecta (OPER) Operador modifico parámetros (OPER) Medidor flujo dañado/desconectado/desajustado (TRON) Falla en Tarjeta electrónica (TRON) Desgaste goma por uso (MEC) Válvula de producto cerrada/dañada (MEC) Imperfecciones en boquilla botella (cal) Material obstrucción en campanita de contraje (MEC) Desajuste posición campanita de contraje (MEC) Sensor desconectado/desajustado (TRON) No hay alimentación a válvula reguladora (TRON)	Cargar Receta correcta Corregir parámetros de llenado Sustituir medidor Verificar enlace medidor flujo y tarjeta electrónica Sustituir tarjeta electrónica correspondiente Sustituir gomas de sellado Verificar válvula de producto Inspección/Cambio botellas Limpieza residuos en campanita de contraje Ajustar campanita de contraje Revisión de cables conexiones, Cambiar sensor Cambio de esparcidores Verificar presión, verificar señal de corriente en el convertidor P/I, ajustar o cambiar válvula reguladora presión de presurización
7	Atorón de botella	Obstrucción en transporte de botellas Fallo estrellas de transporte Calidad de Botella	Poste de salida llenadora interrumpe flujo de botellas (MEC) Falta sincronización estrellas transporte (MEC) Desajuste en posición de estrellas (MEC) Botella deformada en la parte baja (CAL)	Ajuste cambio poste de salida Sincronizar estrellas de transporte Lubricar estrellas de transporte Ajuste posición estrellas de transporte Inspección calidad botella y preforma Cambio de botellas
8	Error de mezcla en Mixer	Sensores mixer dañados Error calidad mezcla Bomba de mezcla dañada Parámetros operación incorrectos	Medidor de flujo dañado/ mal ajustado (TRON) Convertidores de flujo dañado/mal ajustado (TRON) Medidor BRIX desajustado/dañado (TRON) Receta incorrecta (OPER) Operador modifico parámetros de llenado (OPER) Falta de capacitación personal operacional (OPER)	Reemplazo de medidor de flujo Reemplazo de convertidor de flujo Ajuste/reemplazo de medidor BRIX Ajuste de parámetros Capacitación de personal
9	Fuga de producto	Conexiones o mangueras dañadas o mal conectadas Sellos mecánicos dañados	Falta de apriete conexiones mangueras (MEC) Desgaste de mangueras (MEC) Desgaste de sellos mecánicos por uso (MEC)	Reconexión de mangueras o conexiones cambio de mangueras dañadas

10	Falta producto en tazón	Falla válvula modulante Válvulas check defectuosas Fallo medidor de flujo Fallo en bomba de mezcla Contrapresión excesiva	Apertura de válvula modulante incorrecta (TRON) Obstrucción válvula (MEC) Sobrecarga de bomba (ELE) Sellos mecánicos bomba dañados (MEC) Bomba amarrada (MEC) Bomba sobrecalentada (ELE) Sensor de presión dañado/desajustado (TRON)	Ajustar apertura de válvula verificar la presencia de incrustaciones o elementos extraños en ductos de válvula Checar temperatura conexiones eléctricas , amperaje estado del bobinado Verificar/cambiar sellos mecánicos Lubricar sellos mecánicos Verificar estado de rodamientos, impulsor, rotor o estator, en caso de daño cambiar elementos, cambiar bomba y dar servicio a la bomba dañada Verificar presencia de incrustaciones o elementos extraños dentro de la bomba. Checar temperatura conexiones eléctricas , amperaje estado del bobinado Inspección/cambio sensor presión
11	Alarma sistema de seguridad	Puertas de seguridad Botón paro de seguridad	Puertas abiertas (OPER) Imanes de seguridad puertas dañados (TRON) Botón Paro de seguridad defectuoso (TRON) Cables/Conectores de seguridad dañados/desconectados (TRON) Relés de seguridad dañado/Desajustado (TRON)	Verificar el correcto cierre de puertas que no haya obstrucción o que las puertas estén dañadas Inspección/cambio imanes seguridad cierre puertas Inspección/cambio botón paro seguridad Inspección/cambio cables/conectores
12	Falta suministro de aire	Presión de sistema insuficiente	Compresor aire dañado (MEC) Fuga en tubería (MEC) Filtros obstruidos (MEC) Obstrucción en tuberías (MEC) Válvula de alimentación de aire cerrada (MEC)	Sustituir cartuchos filtrantes
13	Fallo en antigiratorio	Desgaste mecánico navajas antigiratorio	Desgaste por uso (MEC)	Reemplazo de antigiratorio
14	Alarma tiempo agotado conexión PNOZmultiP LC (LB)	No hay comunicación entre control de seguridad y control de maquina	Cables/Conectores dañados/desconectados (TRON) Uno o más controles de seguridad no están en modo RUN (TRON)	Revisar la unión Bus entre PLC y control de seguridad Confirmar control de seguridad
15	Falla de sincronización (LB)	Fallo estrellas transporte Parámetros operación incorrectos Componentes de giro maquina desajustados Maquina no alcanza punto cero	Rotura de tenazas por desgaste (MEC) Falta lubricación cadenas o engranes (MEC) Receta incorrecta (OPER) Operador modifíco parámetros (OPER) Leva de conmutación del ciclo sincrónico mal posicionada (MEC) Paro súbito/continuo (ELE) Variación de voltaje (ELE)	Inspección/cambio tenazas Lubricación cadenas o engranes Reajuste carga de receta correcta Corregir la posición de la leva de conmutación Hacer girar llenadora de dos a tres rondas hasta que alcance punto 0

16	Alarma de control de revoluciones(LB)	Transmisor de revoluciones de un motor de accionamiento esta averiado Desajuste estrellasRevoluciones reales Servomotor no corresponde con nominales	Módulo de Revoluciones dañado/mal ajustado (TRON)Servoregulador dañado/mal ajustado (TRON)Servomotor dañado/mal ajustado (TRON)Cable de conexión de datos mal conectado (TRON)Estrella guía de botellas se movió manualmente estando la maquina en reposo (MEC)Fallo en sensor de revoluciones servos (TRON)	
17	Error en tarjeta Máster (MC)		Paros llenadora súbitos o continuos (ELE)	Restablecer correctamente maquina Revisar funcionamiento tarjeta máster Reemplazo de tarjeta Máster
18	Alarma por bajo flujo de agua	Apertura incorrecta Válvula modulante Fallo en bomba de agua Medidor de flujo dañado		
19	Espumosisidad válvula de llenado	Fase de descompresión no efectuada Válvula de retención de líquido atascada Empaques dañados Presión de depósito insuficiente Desfase de llenadora Botellas sucias Componentes cuerpo de la válvula de llenado dañados Turbulencia en llenado excesiva	Boquilla de descompresión con agujero obstruido (MEC) Señal de válvula no llega (TRON) Cable/conector dañados /desconectados Daño por uso continuo (MEC) Sensor de presión dañado/desconectado/desajustado (TRON) Tarjeta electrónica dañada (TRON) Proceso de saneamiento deficiente (TRON)	Limpiar boquilla Limpiar válvula Sustituir empaques Sustituir electroválvula Sustituir tarjeta electrónica Efectuar regulación Resincronización de llenadora Disminuir temperatura de producto o botella Verificar saneamiento y limpieza botella

Anexo 8 Principales fallas identificadas en Llenadora en el periodo ENE-ABR

Tabla de fallos principales en Paletizadora

Fallas Paletizadora				
N°	Falla	Causa inmediata	Causa Raíz	Acción inmediata que ayude a solucionar el problema
1	Problemas brazo de corte polietileno	Pistón no retorna a posición inicial Pistón no acciona Base de pistón aterrizado Resistencia de corte dañado Resistencia de corte mal colocada Vástago pistón se traba Electroválvula no responde	Sensor de pistón dañado/defectuoso (TRON) Mala sujeción de pistón a base (MEC) Señal control no llega a electroválvula (TRON) Sensor de pistón dañado/defectuoso (TRON) Señal control no llega a electroválvula (TRON) Cables dañados/no aislados (ELE) Desgaste por uso (ELE) Apriete tornillos y turcas de sujeción de resistencia de corte incorrecto (ELE) Desgaste camisa (MEC) Desgate de buje lineal (MEC) Señal activación no llega a electroválvula (TRON) Cables/Conectores dañados o desconectados (TRON)	Inspección/cambio de sensor Sujeción correcta de pistón a base Inspección/cambio de sensor Sujeción correcta de pistón a base Verificar que no esté aterrizado a tierra, en caso de estar aterrizado aislar cable. Reiniciar pastilla Cambio resistencia de corte Sujeción correcta de resistencia de corte Reemplazo de Pistón Comprobar funcionamiento electroválvula Cambio de pistones
2	Problemas con polietileno envolvedor	Parámetro de envolvedor incorrectos Plástico rasga continuamente	Tensión de vueltas incorrecto (TRON) Parámetros de corte incorrectos (TRON) Tarimas viejas/dañadas rasgan plástico (CAL) Pinzas de sujeción plástico mal ajustadas/dañadas (MEC) Plástico envolvedor de mala calidad (CAL)	Ajustar tensión de vuelta Ajustar parámetros de corte Reemplazar tarimas que rasguen plástico Ajustar Pinzas de sujeción Cambiar Plástico envolvedor
3	Barreras de seguridad se alarma	Sistema de seguridad dañado desajustado	Cables/conexión barreras de seguridad dañados o mal conectados (TRON) Relé de seguridad desajustado mal conectado (TRON) Sensores barreras de seguridad dañados/mal ajustados (TRON) Barrera dañada por golpe de producto caído (TRON)	Cambio reconexión cables de puertas de seguridad Inspección I/O relé seguridad Ajuste/cambio sensores en barreras de seguridad Comprobar daño en barrera

4	Falla elementos móviles transportadores	Rodillo sin tracción	Falta lubricación rodillos (MEC) Rodillo deformado (MEC)	Lubricación de rodillos Reemplazo rodillos Reemplazo de Ligas
		Ligas dañadas	Desgaste por uso (MEC)	Acomodo de cadena Tensor cadena Reemplazo de cadena
		Cadenas dañadas/desajustadas	Cadena fuera de su sitio (MEC) Cadena Floja (MEC) Cadena deteriorada por uso (MEC) Falta de lubricación cadenas (MEC)	Lubricar cadenas y engranes Lubricar rodamientos Cambio de rodamientos
		Rodamientos/engranajes dañados	Falta de lubricación (MEC) Deterioro por uso rodamientos (MEC)	
5	Falla pistones neumáticos mesa abatible	Vástago de pistón dañado (MEC)	Desgaste por uso continuo (MEC) Sobreesfuerzo (MEC)	Cambio Pistón
		Rosca pistón capado		
6	Bloqueo en introductor de hojas	Fallas motor	(MEC, ELE)	Cambio/servicio mantenimiento a motor
		Problemas con Sensores	Sensor dañado/desajustado (TRON) Cable conexión a sensor dañado/mal conectado (TRON)	Ajuste/cambio variador Ajuste/cambio sensor Cambio/reconexión cable dañado
		Problemas de comunicación a PLC	Conexión/cable comunicación dañado (TRON) PLC dañado/desajustado (TRON)	Cambio/reconexión cable comunicación Reparación/ajuste PLC
		Fallas sistema neumático		
7	Falla volteamiento mesa formadora	Electroválvula dañada	Electroválvula no recibe señal (TRON) Falla Alimentación eléctrica (ELE)	Reconexión electroválvula Reconexión/inspección cable de alimentación
			Presión de aire incorrecta (MEC)	Verificar presión de aire
			Sellos dañados (MEC) Mangueras o conexiones neumáticas dañadas/mal conectadas (MEC)	Si es posible, reemplazar sellos Cambio/reconexión mangueras neumáticas
		Fallas sistema neumático		
8	Alarma Barral de cabezal (LB)	Fallas motor mesa elevadora	Sobreesfuerzo motor (MEC)	
9	Alarma subida elevador	Fallo Sensores	Sensor detector de tarimas (TRON)	Probar funcionamiento sensor, reconexión sensor
			Sensor Posición de mesa (TRON)	Probar funcionamiento sensor, reconexión sensor

Anexo 9 Principales fallas identificadas en Paletizadora en el periodo ENE-ABR

Tabla de fallos principales en Empacadoras

Fallas Empacadora				
N°	Falla	Causa inmediata	Causa Raíz	Acción inmediata que ayude a solucionar el problema
1	Problemas sistema corte y subida de Film	Atorón de Polietileno en subida Sistema no frena correctamente Parámetros de operación incorrectos Desajuste elementos mecánicos móviles sistema corte Resistencia corte polietileno no suelda	Puntas de subida torcidas (MEC) Bobina dañada (MEC) Bobina no lubricada (MEC) Tensión de banda subida de film incorrecta (MEC) Varillas de subida de film desajustada (MEC) Balatas Dañadas (MEC) Error carga receta (OPER) Desajuste parámetros operación (OPER) Desajuste leva (MEC) Rodamientos dañados (MEC) Rodillos desajustados (MEC) Balancín desajustado (MEC) Posición de engranes helicoidales desajustada (MEC) Posición de cuchilla de corte desajustada (MEC) Posición contra cuchilla corte (MEC) Desajuste posición balancín (MEC) Desajuste tensión de balancín (MEC) Desgaste elementos de corte por uso/sobreesfuerzo (MEC) Cables/conectores dañados/desconectados (ELE) Resistencia de corte dañado/desgastada (ELE)	
2	Falla empujador Paquetes	Empujador Presenta Vibración Motor barras empujador vibra Envolvedor no en fase	Mala sujeción empujador (MEC) Desajuste posición empujador (MEC) Eje de motor desalineado (MEC) Sobreesfuerzo de motor (MEC) Falta de lubricación (MEC) Rodamientos de motor dañados (MEC) Sujeción inadecuada motor a base (MEC) Daño por corrosión interior de motor (MEC)	Poner en fase dedos regulables y empujador central, regulando el valor de la leva eléctrica en campo "Espacio para dedos"
3	Temperatura Horno Baja	Fallo Componentes eléctricos control calefacción	Cable/conectores dañada/mal conectado (ELE) Contactores control calefacción dañados (ELE)	Cambio cables de comunicación

4	Problemas en transportadores de empacadora	Problema Cadena tracción Problema motor de tracción Rodamientos/chumaceras dañadas Banda transporte dañada	Falta de lubricación (MEC) Cadena fuera de posición (MEC) Cadena floja (MEC) Sprock dañado (MEC) Variador dañado/desajustado (TRON) Desgaste por uso/sobreesfuerzo (MEC) Falta de lubricación (MEC) Eje transportador desalineado (MEC)	
5	Problema ventilador de horno	Parámetros de lubricación incorrectos	Tiempos de lubricación ventiladores desajustado (OPER)	
6	Film roto	Falla sensores polietileno	Sensor dañado/desajustado (TRON)	
7	Paro por Alarma de seguridad	Falla puertas seguridad Fallo sistema control seguridad Fallo botón paro de seguridad	Puertas seguridad Abiertas (OPER) Sensores cierre puertas dañado/desajustado (TRON) Relé de seguridad dañado/desajustado (TRON) Cables /conectores dañados/mal conectados (TRON) Botón paro seguridad dañado/desconectado (TRON)	
8	Paquetes en zona de envolvedor se descomponen/deforman	Obstrucción formación paquete Golpeo con tapetes Parámetros de operación incorrectos	Barras envolvedor torcidas (MEC) Mesa envolvedor desajustada MEC) Mordazas dañadas (MEC) Candados torcidos MEC) Posición de barras envolvedor incorrecta Rodillo de tracción desajustado (MEC) botella (MEC) Sujeción de tapetes incorrecta (MEC) Obstrucción por deformación en los bordes de tapetes (MEC) Receta incorrecta (OPER) Operador modifíco parámetros (OPER)	

9	Caída de producto frecuente	Producto se atora con barras envolvedor Producto se atora con dedos Desajuste velocidad trasportador Golpeo con tapetes	Barras envolvedor torcidas (MEC) Engrane de cadena envolvedor desajustados (MEC) Posición de barras envolvedor incorrecta (MEC) Dedos mal posicionados (MEC) Dedos torcidos (MEC) Receta incorrecta (OPER) Operador modifíco parámetros (OPER) Sujeción de tapetes a base incorrecta (MEC) Obstrucción por deformación en los bordes de tapetes (MEC)	
---	-----------------------------	---	--	--

Anexo 10 Principales fallas identificadas en empacadora en el periodo ENE-ABR

SCAT para fallas en Sopladoras

Técnica de Análisis sistemático de causas SCAT																																																											
Falla en Sopladora																																																											
Evaluación Potencial de falla si no es controlado																																																											
Potencial de Severidad [] Seria [] Grave [] Menor				Probabilidad de Ocurrencia [] Alta [] Grave [] Menor				Tiempo de paro LP [] Demasiado [] Considerable [] Bajo																																																			
Falla Identificada																																																											
Alarma F3023 Presión de soplado P1 fuera de intervalo Ver CI (1, 2, 4, 5, 6)				Alarma F3060 Acumulación de botellas detrás de pinza de botellas Ver CI (8, 23)				Preforma no entra a soplado Ver CI (9, 30, 21, 25, 27)				Boquilla Preforma dañada Ver CI (9, 34, 27)				Botella quemada Ver CI (13, 34, 36)																																											
Alarma F3023 Presión de soplado P2 fuera de intervalo Ver CI (1, 2, 4, 5, 6)				Alarma F3061 Parada de Emergencia manual Ver CI (7, 13)				Alarma de molde abierto Ver CI (9, 39, 20)				Fuga refrigerante de molde y tableros Ver CI (3)				Fuga de aire estación de soplado Ver CI (1, 4, 6)																																											
Alarma F3040 Monitoreo de Ethernet Ver CI (10, 13)				Alarma F101-F103 Monitoreo de puerta Ver CI (7, 11, 39)				Falla sistema calefacción Ver CI (12, 36)				Botella Aperlada Ver CI (22, 34)				Molde sale de su sitio Ver CI (26)																																											
Alarma F3042 Falla descodificador o rueda de soplado o rueda de calefacción Ver CI (36)				Alarma de fallo C600 Ver CI (23)				Paro súbito Ver CI (11)				Botella en estación de soplado se revienta Ver CI (13, 34)				Rodamientos de rodajas de elevación dañados Ver CI (27)																																											
Alarma F3050 Sistema de estrado no en posición Ver CI (10, 39, 20)				Preforma entra a soplado pero tira botella Ver CI (1, 2, 10, 20, 24)				Varilla estrado no sube Ver CI (20, 22, 23)				Preforma atorada en guía salida de rodillos Ver CI (35)																																															
Causas inmediatas o directas (CI)																																																											
Componentes sellos mecánicos ES dañados Ver CB (M-9, 10, 11, 34)				Sistema de seguridad Pilz defectuoso o mal ajustado Ver CB (T-11, 23)				Fallo PLC Ver CB (T-6, 35, 36)				Variación de voltaje inesperada Ver CB (E-2, 3)				Fallo sistema apertura a molde Ver CB (M-17, T-25, 26, O-4)																																											
Sistema neumático ES desajustado Ver CB (M-2, T-2)				Obstrucción en trasp. aéreo Ver CB (M-13, T-22)				Preforma defectuosa Ver CB (C-1, 2, 3)				Falla sensores ES Ver CB (T-8)				Elementos ajuste de molde mal apretados Ver CB (M-30, O-3, 4)																																											
Conductos refrigerante dañados/ mal conectados Ver CB (M-8, 9, 39)				Obstrucción en molde Ver CB (M-2, 36, O-3, 4)				Guías desajustadas/ torcidas Ver CB (M-23)				Falla sensor botella de trasp. aéreo Ver CB (T-22)				Fallo transportador TP/TB Ver CB (M-39, T-26)																																											
Válvulas estación de soplado dañados Ver CB (T-1, 2, 26)				Fallo en conexión Ethernet Ver CB (T-5, 13, 34)				Mal funcionamiento lámparas y reflector calefacción Ver CB (E-1, T-7, 28)				Falla servomotor Ver CB (T-5, 20)																																															
Problemas alimentación de aire a presión Ver CB (M-1, 34, T-26)				Problemas con barreras, paros y puertas de seguridad Ver CB (M-11, T-12)				Falta ajuste altura rodajas Ver CB (O-3)				Falla controlador de servomotor Ver CB (T-9, 23)																																															
Conductos neumáticos dañados/ mal conectados Ver CB (M-1, 3, 4)				Parámetros de operación incorrectos Ver CB (O-2, 3)				Fallo encoder Ver CB (T-17, 38, 39)				Fallo sistema expulsión botella Ver CB (M-35, T-30, 26)																																															
Causas mecánicas (M)												Causas Básicas o subyacentes												Causas operativas (O)																																			
Válvula de aire cerrada Ver NAC (2, 4, 5, 8)												Sello Plancake dañado/ mal lubricado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Fuente de alimentación P55 dañada Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)												Encoder dañado Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)																							
Filtro de aire sucio Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Pistón neumático expulsión botella dañado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Regulación de P1 o P2 defectuosa Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)												Cable de codificador absoluto dañado/ mal conectado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)																							
Comprimir aire a dañado/ defectuoso Ver NAC (1, 3, 4, 5, 7, 8, 9)												Preforma atorada Ver NAC (2, 4, 5, 7, 8, 9)												Valores de P1 o P2 erróneos Ver NAC (2, 4, 6, 8, 9)												Posición encoder no se encuentra en punto 0 Ver NAC (2, 4, 6, 8, 9)																							
Presión de sistema aire comprimido insuficiente Ver NAC (4, 5, 7, 8, 9)												Levas de apertura/ cierre molde dañado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Cable de conexión PLC-servo dañado/ mal conectado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Servomotor o sistema de estrado dañado Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)																							
Embolso presión (P1 o P2) dañado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Presencia oxidación tuberías Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Lámparas calefacción dañadas/ mal ajustadas Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												C600 dañado/ desajustado Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)																							
Sello de varilla dañado/ mal lubricado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Transportador de preforma dañado/ desajustado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Sensor estación de soplado mal ajustado o defectuoso Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)												Sensor botella Trasp. Aéreo dañado/ desconectado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)																							
Sello tobera dañado/ mal lubricado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Falta lubricación TP/TB Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Servomotor o sistema de estrado defectuoso Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)												Cables o conexiones Pilz dañado/ mal conectados Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)																							
Desgaste por uso de mangueras y conectores Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Desajuste o por desgaste/ daño mecánico Ver NAC (1, 2, 5, 8, 9)												Electroválvula para purgado dañado/ encavada Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)												Botón paro de seguridad activado/ dañado/ desconectado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)																							
Desconexión mangueras Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Cableado lámparas calefacción dañado/ mal conectado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Relevador de seguridad dañado/ desajustado Ver NAC (1, 4, 5, 6, 7, 8, 9)												Electroválvula de pistón abierto a dañado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)																							
Tornillos y seguros sueltos/ dañados Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Falla en el suministro de energía eléctrica Ver NAC (3, 4, 7, 9)												Sensor espaldas dañado/ mal ajustados Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)												Conexión de electroválvula dañado/ mal conectado Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)																							
Puertas seguridad abiertas/ no cierran adecuadamente Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Falla en el tablero TGD Ver NAC (1, 3, 4, 5, 7, 8, 9)												Cable de comunicación dañado/ mal conectados Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Sensores en TP/TB dañado/ desajustados Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)																							
Pedales de preforma/ plástico atorados Ver NAC (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)												Causas electrónicas (T)												Tarjetas Ethernet defectuosas Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)												Tarjetas calefacción dañado/ desajustadas Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)																							
Botella atorada Ver NAC (2, 4, 5, 7, 8, 9)												Electroválvula para purgado defectuosa Ver NAC (1, 4, 5, 7, 8, 9)												Módulo PLC dañado Ver NAC (1, 4, 5, 6, 7, 8, 9)																																			
Programa de mantenimiento preventivo												Programa de mantenimiento predictivo												Capacitación personal												Plan de acciones correctivas																							
Plan mantenimiento implementado												Mantenimiento o autono implementadas												Análisis de imágenes de tableros eléctricos												Capacitación operación máquina												Adquisición de repuestos/ refacciones											
Tareas de mantenimiento periódicas												Tareas de mantenimiento o autono periódicas												Análisis predictivo periódico												Capacitación mantenimiento												Aplicación de medidas de corrección											
Registro de planes de mantenimiento o preventivo												Registro de tareas de mantenimiento o autono												Análisis vibración												Capacitación atención fallas												Servicios técnicos externos											
Limpieza y lubricación periódica																								Registro de mantenimiento predictivo												Capacitación seguridad																							
																																				Programa de capacitación y actualización continuo																							
Promoción general a personal												Investigación y análisis de fallas												Inspecciones planificadas												Sistema de evaluación del programa																							
Uso de estadísticas hechos												Procedimiento investigación de falla												Planes de inspección continua de las condiciones del equipo												Auditoría cumplimiento																							
Promoción temas críticos												Uso de información de reportes de falla																								Evaluación de eficiencia mecánica																							
Uso de premios y reconocimiento												Informe detallado de fallas												Informes detallados de inspección de equipo												Indicadores de tiempos muertos																							
Promoción del orden y limpieza												Cálculo o uso estadísticas desempeño																																															
Promoción de seguridad y candado																																																											
Realización de reuniones grupales																																																											

Anexo 11 Tabla SCAT para fallos en Sopladora

SCAT para fallas en Llenadora

Técnica de Análisis sistemático de causas SCAT																			
Falla en Llenadora																			
Evaluación Potencial de falla si no es controlado																			
Potencial de Severidad [] Seria [] Grave [] Menor				Probabilidad de Ocurrencia [] Alta [] Grave [] Menor				Tiempo de paro LP [] Demasiado [] Considerable [] Bajo											
Falla Identificada																			
1 Alarma TX Ver CI (1.43) Fallo por falta de tapa				5 Nivel de deposito inestable/incorrecto Ver CI (9.30) Llenado de producto incorrecto				9 Fuga de producto Ver CI (36.23) Falta producto en tazón				13 Fallo en antirrigatorio Ver CI (29.36) Alarma tiempo agotado conexión PNO2/multiPLC (LB)				17 Error en tarjeta Master (MC) Ver CI (18.12) Alarma por bajo flujo de agua			
2 Fallo en área de válvula de llenado Ver CI (2.3.4.5)				6 Ver CI (6.11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20) Altorón de botella				10 Ver CI (10.13, 14, 22, 23, 24, 25) Alarma sistema de seguridad				14 Ver CI (18.30) Falla de sincronización (LB)				18 Ver CI (13.14, 37) Espumosis/válvula de llenado			
3 Fallo en (6.7,36) Alarma de fallo en nodo				7 Ver CI (34.44, 45) Error de mezcla en Mixer				11 Ver CI (26, 27, 30) Falta suministro de aire				15 Ver CI (13.13, 32, 34) Alarma de control de revoluciones (LB)				19 Ver CI (38.40, 41, 42)			
4 Ver CI (18)				8 Ver CI (113, 22, 24, 37, 39, 46)				12 Ver CI (21, 28)				16 Ver CI (33, 34, 35)							
Causas inmediatas o directas (CI)																			
1 Fallo en PLC Ver CB (E-3.4 T-28) Fallo en vibrador de tapa Ver CB (T-3) Falla dispensador de tapas Ver CB (T-4.5) Falla en transportador estapa Ver CB (M-1 E-3) Mala calidad de la tapa Ver CB (C-1.2) Componente del cuerpo de la válvula dañados Ver CB (M-2.3, 4, 5, 6, 7) Componentes columna de la válvula dañados Ver CB (M-8, 9) Falla sistema de comunicación Ver CB (T-5.6, 26) Falla Sensor de nivel Mixer Ver CB (T-10, 12) Parámetro de línea de nivel Ver CB (O-1.2)				11 Parámetro operación incorrectos Ver CB (O-2.3.4) MCO/daño/desajustada Ver CB (T-5.6, 26, 12) Falla Medidor de flujo Ver CB (T-5.7) Fallo sistema control de flujo Ver CB (T-8.1) Sistema neumático de apertura de válvulas Ver CB (T-11, 26) Comedero sellado dañado Ver CB (M-35) Falta de producto en depósito Ver CB (M-20, 19 T-7) Falta de anclaje entre botella y campanita de centrado Ver CB (M-14, 27 C-4) Sensor de nivel llenado no funcional (L1 y L4) Ver CB (T-10, 25) Válvula regulador de presión de pesurización averiada Ver CB (T-5, 11)				13 Conexiones mangueras Ver CB (M-35, 26) Falta válvula modulante Ver CB (M-28, 29 T-35) Falla Válvula check Ver CB (M-28, 29 T-5, 11) Fallo en bomba de mezcla Ver CB (M-25, 16, 17, 28, 29, 30, 31 E-2, 3, 5) Control de presión excesiva Ver CB (T-11, 26) Puertas de seguridad Ver CB (T-20 O-5) Botón de paro de seguridad Ver CB (T-21, 22, 23) Presión de sistema insuficiente Ver CB (M-18, 19, 20, 21, 22) Degaseo y antirrigatorio Ver CB (M-35) Falta de comunicación control de seguridad y control de máquina Ver CB (T-8, 19, 20)				15 Componente de giro máquina desajustados Ver CB (M-32, 25) Máquina no alcanza a punto a cero Ver CB (M-12 E-3) Transmisor rev. de un motor accionamiento averiado Ver CB (T-8, 21, 22, 23, 24) Desajuste estrillas Ver CB (M-12, 13, 23, 33) Revoluciones reales/Servo no corresponde con nominales Ver CB (T-22, 23, 24, 33) Antigiratorio suelto Ver CB (M-32) Fallo en bomba de agua Ver CB (M-15, 16, 17, 28, 29, 30, 31 E-2, 3, 5) Fase de descompresión no efectuada Ver CB (M-34 T-16, 26) Error calidad de mezcla Ver CB (T-7, 13, 14) Presión de depósito insuficiente Ver CB (M-18, 19 T-5, 30)				17 Botellas sucias Ver CB (T-9) Turbulencia en llenado excesiva Ver CB (M-7 T-7) Fallo en tarjeta TX Ver CB (T-15, 12) Obstrucción en transportador de botellas Ver CB (M-1, 24) Calidad de la botella Ver CB (C-3, 4) Fallo en bomba de jarabe Ver CB (M-15, 16, 17, 28, 29, 30, 31 E-2, 3, 5)			
Causas mecánicas (M)																			
1 Altorón de tapa en carrilera Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Chateo valv. dañado Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Mariposa dañada Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Caña valv. Salida Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Resortes valv. Fuera de posición Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Sniff defecuosos/caído Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Esparadores dañados Ver NAC (1.2, 4.5, 7, 8, 9) Ballestas dañadas Ver NAC (1.2, 4.5, 7, 8, 9) Rodaja dañada Ver NAC (1.2, 4.5, 7, 8, 9) Válvula de producto cerrada/dañada Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Poste en salida de botellas obstruye flujo botellas Ver NAC (1.2, 4.5, 7, 8, 9) Falta sincronización en relleno transporte Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Desajuste posición de estrillas Ver NAC (1.2, 4.5, 7, 8, 9) Desajuste de posición campanita de centrado Ver NAC (1.2, 4.5, 7, 8, 9) Degaseo por uso continuo o sobrefuerzo Ver NAC (1.2, 4.5, 7, 8, 9) Sellados mecánicos dañados Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9)				17 Motor amarrado Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Compresor de aire dañado Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Fuga en tubería Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Filtración de aire obstruido Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Obstrucción en tubería de aire Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Válvula de alimentación de aire cerrada Ver NAC (1.2, 4.8, 9) Rotura por desgaseo y de tenazas de estrellas ramp. Ver NAC (1.2, 4.5, 7, 8, 9) Falta de lubricación cadena engranes Ver NAC (1.2, 4.8, 9) Leva de comunicación de ciclo mal posicionada Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Falta apriete de conexiones mangueras Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Materiales obstrucción campanita centrado Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Materiales sólidos sedimentos acumulados Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Daño por corrosión Ver NAC (1.2, 3, 4, 5, 8, 9) Cavitación Ver NAC (1.2, 4.5, 7, 8, 9) Sujeción antirrigatorio incorrecta Ver NAC (2.4, 5, 8, 9) Estrilla guía de botella se movió manualmente Ver NAC (2.4, 5, 6, 8, 9)				19 Boquilla de descompresión agujero obstruido Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Causas eléctricas (E) Fallo en turbina ducto de tapas Ver NAC (1.2, 3, 4, 5, 7, 8, 9) Sobrecalentamiento Ver NAC (1.2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) Paros súbitos por variación de voltaje Ver NAC (1.2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) Parada/Arriague constante equipo Ver NAC (1.2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) Sobrecarga de bomba Ver NAC (1.2, 3, 4, 5, 7, 8, 9) Causas electrónicas (T) Tarjetas I/O con humedad Ver NAC (1.4, 5, 7, 8, 9) Cable de comunicación TX dañado/desconectados Ver NAC (1.4, 5, 7, 8, 9) Vibrador tapa desajustado Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Sensor entrada tapa dañado/desajustado/desconectado Ver NAC (1.2, 4, 5, 7, 8, 9) Cable/ conector de los dañado/ mal conectados Ver NAC (1.2, 4, 5, 8, 9) Fallo conexión Red Profinet Ver NAC (1.4, 5, 7, 8, 9) Medidor flujo dañado/desconectado/desajustado Ver NAC (1.2, 4, 5, 8, 9) Falta en Tarjeta electrónica Ver NAC (1.4, 5, 7, 8, 9)				21 Proceso de saneamiento deficiente Ver NAC (2.4, 5, 8, 9) Sensor nivel desconectado dañado/desajustado Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Causas operativas (O) Señal de válvula no llega Ver NAC (1.4, 5, 7, 8, 9) Tarjeta Madre dañada/desajustada Ver NAC (1.4, 5, 7, 8, 9) Convertidor de flujo dañado/ mal ajustado Ver NAC (1.4, 5, 7, 8, 9) Medidor BRIDG dañado/desajustado Ver NAC (1.2, 4, 5, 7, 8, 9) Apertura de válvula modulante incorrecta Ver NAC (1.2, 4, 5, 8, 9) Sensor de presión dañado/desajustado Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Imanes de seguridad puertaso dañados Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Botón Paro de seguridad defectuoso Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Relé de seguridad dañado/ Desajustado Ver NAC (1.4, 5, 8, 9) Uno o mas control de seguridad no están en modo RUN Ver NAC (1.2, 4.5, 8, 9) Módulo de Revoluciones dañado/ mal ajustado Ver NAC (1.4, 5, 7, 8, 9) Servomotor dañado/ mal ajustado Ver NAC (1.4, 5, 7, 8, 9) Servomotor dañado/desajustado Ver NAC (1.4, 5, 7, 8, 9) Presencia de humedad en sensor Ver NAC (1.2, 4, 5, 8, 9)				23 PLC dañado/desajustado Ver NAC (1.4, 5, 7, 8, 9) Causas operativas (O) Electroniveles mal ajustados Ver NAC (2.4, 6, 8, 9) Cargade receta incorrecto Ver NAC (2.4, 6, 8, 9) Operador modifíco parámetros Ver NAC (2.4, 6, 8, 9) Falta de capacitación personal operacional Ver NAC (4, 6, 8, 9) Puertas abiertas Ver NAC (2.4, 6, 8, 9) Causas Calidad Insumos (C) Tapas ovaladas Ver NAC (2.4, 6, 7, 8, 9) Tapas presentas rebaba Ver NAC (2.4, 6, 7, 8, 9) Botella deformada en la parte baja Ver NAC (2.4, 6, 7, 8, 9) Imperfecciones en boquilla de botella Ver NAC (2.4, 6, 7, 8, 9)			
Necesidad de Acción de Control (NAC)																			
Programa de mantenimiento preventivo			Programa de mantenimiento autónomo			Programa de mantenimiento predictivo			Capacitación personal			Plan de acciones correctivas							
Plan mantenimiento implementado			Mantenimiento o autonomía implementadas			Análisis termográfico de tableros eléctricos			Capacitación operación máquina			Adquisición de repuestos o refacciones							
Tareas de mantenimiento periódicas			Tareas de mantenimiento o autonomía periódicas			Análisis predictivo periódico			Capacitación mantenimiento			Aplicación de medidas de corrección							
Registro de planes de mantenimiento preventivo			Registro de tareas de mantenimiento o autonomía			Análisis vibración			Capacitación atención a fallas			Servicios técnicos externos							
Limpieza y lubricación periódica			Inspección visual estado de equipo			Registro de mantenimiento predictivo			Capacitación seguridad										
Promoción general a personal			Investigación y análisis de fallas			Inspecciones planificadas			Programa de capacitación actualización continua			Sistema de evaluación del programa							
Uso de estadísticas hechos			Procedimiento investigación de falla			Planes de inspección continua de las condiciones del equipo			Auditoría cumplimiento										
Promoción y capacitación			Uso de información de reportes de falla			Informes detallados de inspección de equipo			Evaluación de eficiencia mecánica										
Uso de premios reconocimiento			Informe del estado de fallas						Indicador de tiempos muertos										
Realización de reuniones grupales																			

Anexo 12 Tabla SCAT para fallos en Llenadora

SCAT para fallas en Paletizadoras

Técnica de Análisis sistemático de causas SCAT																			
Falla en Paletizadora																			
Evaluación Potencial de falla si no es controlado																			
Potencial de Severidad [] Seria [] Grave [] Menor				Probabilidad de Ocurrencia [] Alta [] Grave [] Menor				Tiempo de paro LP [] Demasiado [] Considerable [] Bajo											
Falla Identificada																			
Problemastrazo de corte polietileno				Barreras de seguridad se alarma				Falla pistones neumáticos mesa abatible				Falla voltreador mesa formadora				Alarma subida elevador			
Ver CI (12,3,4,5)				Ver CI (8,16)				Ver CI (13,14)				Ver CI (5,17,18)				Ver CI (16,17)			
Problemas con polietileno envolver				Falla elementos móviles transportadores				Alarma Bloqueo en introductor de hojas				Alarma Barril de cabezal (LB)							
Ver CI (6,7)				Ver CI (9,10,11,12)				Ver CI (15,16,17)				Ver CI (16,17)							
Causas inmediatas o directas (CI)																			
Pistón no retorna a posición inicial				FallaElectrónicaválvula				Sistema de seguridad dañado/desajustado				Rodamientos engranajes dañados				Problemas motor mesa elevador			
Ver CB(M-17, T-1,2)				Ver CB(T-2,3,10)				Ver CB(T-3,5,6,7)				Ver CB(M-5,12)				Ver CB(M-11,12-14,15,16 E-12,3)			
Pistón no acciona				Vistago pistón dañado				Rodillo sin tracción				Fallasmotor introductor de hojas				Fallas sistema neumático			
Ver CB(M-17, T-1,2)				Ver CB(M-12,7)				Ver CB(M-5,6)				Ver CB(M-11,13,14,15,16 E-12,3)				Ver CB(M-18,19,20)			
Base de pistón aterrizado				Parámetro de envolver incorrectos				Ligas dañadas				Fallas Sensores							
Ver CB(E-4)				Ver CB(O-1,2,3)				Ver CB(M-7)				Ver CB(T-1,3,6,7,8,9)							
Resistencia de corte dañado				Plástico rasga continuamente				Cadenas dañadas/desajustadas				Fallas sistema de comunicación							
Ver CB(M-3, E-4,5)				Ver CB(M-4 C-1,2)				Ver CB(M-5,8,9,10)				Ver CB(E-1, T-3,4,10,12)							
Causas Básicas o subyacentes																			
Causas mecánicas (M)				Causas eléctricas (E)				Causas operacionales (O)				Causas calidad de insumos (C)							
Desgaste de buje lineal (MEC)				Desgaste por uso continuo o sobreesfuerzo				Paros/cortos por variación de voltaje				Relé de seguridad desajustado mal conectado				Tensión de voltaje incorrecta			
Ver NAC(1,2,4,5,7,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,7,8,9)				Ver NAC(1,3,4,6,7,8)				Ver NAC(1,4,5,6,7,8,9)				Ver NAC(2,4,6,8,9)			
Desgaste de camisa (MEC)				Sello mecánico dañado				Sobrecarga del motor				Sensor esbarra resaca, dañado/defectuoso/descalibrado				Parámetros de corte incorrectos			
Ver NAC(1,2,4,5,7,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,8,9)				Ver NAC(1,3,4,7,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,6,8,9)				Ver NAC(2,4,6,8,9)			
Sujeción de resistencia de corte incorrecta				Motor amarrado				Sobrecalentamiento motor				Sensor de peso, mesa dañado/defectuoso/descalibrado				Carga de resaca incorrecta			
Ver NAC(1,2,4,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,7,8,9)				Ver NAC(1,3,4,7,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,6,7,8,9)				Ver NAC(2,4,6,8,9)			
Pinzadasujeción plástico mal ajustada/dañada				Materialesolidos sedimentos acumulados				Cables dañados/no aislados				Sensor detecto (tarimas)				Causas calidad de insumos (C)			
Ver NAC(1,2,4,5,7,8,9)				Ver NAC(1,2,3,4,5,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,6,8,9)				Ver NAC(1,4,5,6,7,8,9)				Plástico envolver rasga fácilmente			
Falta lubricación				Daño por corrosión				Desgaste resistencia corte por uso				Problemas OPLC				Ver NAC(2,4,6,8,9)			
Ver NAC(1,2,4,8,9)				Ver NAC(1,2,3,4,5,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,6,8,9)				Ver NAC(1,4,5,6,7,8,9)				Tarimas viejas/dañadas rasgan plástico			
Rodillo de formado por uso o sobreesfuerzo				Mala sujeción de pistón a base				Cables conectados/dañados o desconectados				Valvula dañada/desajustada				Ver NAC(1,2,4,5,6,8,9)			
Ver NAC(1,2,3,4,5,7,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,7,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,6,8,9)				Ver NAC(1,4,5,6,7,8,9)							
Desgaste por uso o sobreesfuerzo				Presión de aire incorrecta				Sensor de pistón dañado/defectuoso/descalibrado				Falla Alimentación eléctrica							
Ver NAC(1,2,3,4,5,7,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,6,8,9)				Ver NAC(1,4,6,7,8,9)							
Cadena fuera de su sitio				Empaques dañados				Señal de control no llega a electroválvula											
Ver NAC(1,2,4,5,7,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,7,8,9)				Ver NAC(1,4,5,7,8,9)											
Cadena floja				Manguera o conexiones neumáticas dañadas/ mal				Cables conectados/dañados o desconectados											
Ver NAC(1,2,4,7,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,8,9)				Ver NAC(1,2,4,5,6,8,9)											
Cadena detenerizada por uso o sobreesfuerzo								PLC dañado/desajustado											
Ver NAC(1,2,4,5,7,8,9)								Ver NAC(1,4,5,6,7,8,9)											
Necesidad de Acción de Control (NAC)																			
Programa de mantenimiento preventivo				Programa de mantenimiento autónomo				Programa de mantenimiento predictivo				Capacitación personal				Plan de acciones correctivas			
Plan mantenimiento implementado				Mantenimiento autónomo implementado				Análisis termográfico tableros eléctricos				Capacitación operación máquina				Adquisición repuestos/refacciones			
Tareas de mantenimiento periódicas				Tareas de mantenimiento autónomo periódicas				Análisis predictivo periódico				Capacitación mantenimiento				Aplicación de medidas de corrección			
Registro de planes de mantenimiento preventivo				Registro de tareas de mantenimiento autónomo				Análisis vibración				Capacitación atención a fallas				Servicios técnicos externos			
Limpieza y lubricación periódica								Registro de mantenimiento predictivo				Capacitación seguridad							
												Programa de capacitación actualización continuo							
Promoción general a personal				Investigación y análisis de fallas				Inspecciones planificadas				Sistema de evaluación del programa							
Uso de estadísticas y hechos				Procedimiento investigación de falla				Planes de inspección continua de las condiciones del equipo				Auditoría cumplimiento							
Promoción de métodos correctivos				Uso de información de reportes de falla				Informe detallado de inspección de equipo				Evaluación de eficiencia							
Uso de premios/reconocimiento				Informe detallado de fallas								Indicadores de tiempos muertos							
Promoción del orden y limpieza				Cálculo y uso estadísticas de desempeño															
Promoción de seguridad y candado																			
Realización de reuniones grupales																			

Anexo 13 Tabla SCAT para fallos en Paletizadora

SCAT para fallas en Empacadora

Técnica de Análisis sistemático de causas SCAT										
Falla en Empacadora										
Evaluación Potencial de falla si no es controlado										
Potencial de Severidad [] Seria [] Grave [] Menor			Probabilidad de Ocurrencia [] Alta [] Grave [] Menor			Tiempo de paro LP [] Demasiado [] Considerable [] Bajo				
Falla Identificada										
Problemas sistema corte y subida de Film			Temperatura Horno Baja			Problema ventilador de horno			Paro por Alarma de seguridad	
Ver CI (12,3,4,5)			Ver CI (8)			Ver CI (12)			Ver CI (14,15,16)	
Falla empujador Paquetes			Problemas transportador empacadora			Polietileno roto			Paquetes en zona de envolvedor se descomponen / deforman	
Ver CI (6,7)			Ver CI (9,10,11,12)			Ver CI (13)			Ver CI (3,17,18,20,21)	
Causas inmediatas o directas (CI)										
Polietileno se alora en subida			Empujador Presenta Vibración			Rodamientos dañados			Fallo botón paro de seguridad	
Ver CB (M-12,3,4,5)			Ver CB (M-17,18)			Ver CB (21,28,29)			Ver CB (1-5)	
Sistema no funciona correctamente			Motor barras empujador vibra			Parámetros de lubricación incorrectos			Obstrucción formación paquete	
Ver CB (M-6)			Ver CB (M-19,20,21,22,23,24)			Ver CB (O-4)			Ver CB (M-30,31,32,33,34,35)	
Parámetros de operación incorrectos			Fallo Componentes eléctricos control calefacción			Falla sensores polietileno			Producto se alora con barras envolvedor	
Ver CB (O-1,2)			Ver CB (E-1,3)			Ver CB (E-1,7,2)			Ver CB (M-30,34,36)	
Desajuste de elementos mecánicos móviles sistema corte			Problema Cadena tracción			Falla punto de seguridad			Producto se alora con dedos	
Ver CB (M-7,8,9,10,11,12,13,14,15,16)			Ver CB (M-21,25,26,27)			Ver CB (T-3, O-3)			Ver CB (M-37,38)	
Resistencia corte de polietileno no suelda			Problema motor de tracción			Fallo sistema control seguridad			Desajuste velocidad transportador	
Ver CB (E-12)			Ver CB (M-19,20,21,22,23,24, T-9)			Ver CB (E-1T-4,6,7)			Ver CB (O-1,2)	
Causas Básicas o subyacentes										
Causas mecánicas (M)			Desajuste posición balancín			Desajuste por uso/ sobre esfuerzo			Causas eléctricas (E)	
Ver NAC (1,2,4,8,9)			Ver NAC (1,2,4,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Cables/ conectores dañados/ desconectados	
Punto de subida de aristas (MEC)			Desajuste tensión de balancín			Eje transportador desalineado			Ver NAC (1,2,4,5,8,9)	
Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,8,9)			Ver NAC (1,2,3,4,5,7,8,9)			Resistencia de corte dañado/ desgastada	
Bobina dañada (MEC)			Desajuste elementos de corte por uso/ sobre esfuerzo			Barras envolvedor torcidas			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)	
Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Contactores control calefacción dañados	
Bobina no lubricada			Mala sujeción empujador			Mesa envolvedor desajustada			Ver NAC (1,2,4,5,8,9)	
Ver NAC (1,2,4,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)				
Tensión de banda subida de film incorrecta			Desajuste posición empujador			Mordazas sujeción de polietileno dañadas				
Ver NAC (1,2,4,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)				
Varillas de subida de film desajustada			Eje de motor desalineado			Candados torcidos				
Ver NAC (1,2,4,8,9)			Ver NAC (1,2,3,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)				
Balas dañadas			Sobre esfuerzo de motor			Posición de barras envolvedor incorrecta				
Ver NAC (1,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,3,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)				
Desajuste leva			Falta de lubricación			Rodillo de tracción dañado/ desajustado			Variador dañado/ desajustado (LB)	
Ver NAC (1,2,4,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,4,5,7,8,9)	
Rodamientos dañados			Rodamiento de motor dañado			Engrane de cadena envolvedor desajustados			Sensor dañado/ desajustado	
Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,3,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)	
Rodillos dañados/ delormados			Sujeción inadecuada motor a base			Dedos mal posicionados			Sensor escudo puertitas dañado/ desajustado	
Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,3,4,5,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)	
Balancín dañado/ delormado			Daño por corrosión inferior de motor			Dedos torcidos			Relé de seguridad dañado/ desajustado	
Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,3,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,4,5,7,8,9)	
Desajuste posición engranes helicoidales			Cadena fuera de posición			Sujeción de tapetes a base incorrecta			Botón paro seguridad dañado/ desconectado	
Ver NAC (1,2,4,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)	
Posición de cuchilla de corte desajustada			Cadena floja			Obstrucción por deformación en los bordes de tapetes			PLC dañado/ desajustado	
Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,4,5,7,8,9)	
Posición de contracuchilla de corte desajustada			Sprock dañado			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Fallo sistema de comunicación	
Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)			Ver NAC (1,2,4,5,7,8,9)						Ver NAC (1,4,5,7,8,9)	
Necesidad de Acción de Control (NAC)										
Programa de mantenimiento preventivo			Programa de mantenimiento autónomo			Programa de mantenimiento predictivo			Capacitación personal	
Plan mantenimiento implementado			Mantenimiento autónomo implementado			Análisis termográfico de cables eléctricos			Capacitación operación máquina	
Tareas de mantenimiento periódicas			Tareas de mantenimiento autónomo periódicas			Análisis predictivo periódico			Capacitación mantenimiento	
1 Registro de planes de mantenimiento preventivo			2 Registro de tareas de mantenimiento autónomo			3 Análisis vibración			4 Capacitación atención a fallas	
Limpieza y lubricación periódica						Registro de mantenimiento predictivo			5 Capacitación seguridad	
									Programa de capacitación actualización continuo	
Promoción general a personal			Investigación y análisis de fallas			Inspecciones planificadas			Sistema de evaluación del programa	
Uso de estadísticas y hechos			Procedimiento investigación de falla			Planes de inspección continua de las condiciones del equipo			Auditoría cumplimiento	
Promoción temas críticos			Uso de información de reportes de falla			Informe detallado de inspección de equipo			Evaluación de eficiencia mecánica	
6 Uso de premios y reconocimiento			7 Informe detallado de fallas			8 Informe detallado de inspección de equipo			9 Indicadores de tiempos muertos	
Promoción del orden y limpieza			Cálculo y uso de estadísticas de desempeño							
Promoción de seguridad y candado										
Realización de reuniones grupales										

Anexo 14 Tabla SCAT para fallos en Empacadora