



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

Diseño de un plan de mantenimiento preventivo con la metodología rcm para incrementar la disponibilidad de las máquinas en línea de envasado latas en una empresa cervecera - Lima

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Aliaga Basaldua, Jesús Abraham (orcid.org/0000-0002-7621-1977)

ASESOR:

Dr. Dávila Hurtado Fredy (orcid.org/0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mis padres, por demostrarme que el esfuerzo y el trabajo es el camino al éxito.

A mi esposa e hija, son la motivación para ir mejorando día a día y por su apoyo incondicional.

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, por haberme formado como profesional y a todos mis maestros por contribuir a lograr mi desarrollo profesional.

A mi asesor Dr. Fredy Dávila Hurtado, por guiarme con sus consejos y experiencias en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Universidad César Vallejo, por darme la oportunidad de titulación en mi carrera profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Índice De Tablas.....	v
Índice De Figuras.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRAC.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2 Variables y operacionalización.....	12
3.3 Población, muestra y muestreo.....	12
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5 Procedimientos.....	13
3.6 Método de análisis de datos.....	14
3.7 Aspectos éticos.....	14
VI. RESULTADOS.....	15
4.1 Diagnóstico de la situación actual en las operaciones de producción y mantenimiento.....	15
4.2 Determinación de las fallas que inciden en la disponibilidad de las máquinas de la Línea de Envasado de Latas mediante Diagrama de Ishikawa y Pareto.....	40
4.3 Determinar las causas de los modos de falla mediante la metodología del RCM.....	70
4.4 Establecer las actividades de mantenimiento preventivo y su registro en los formatos de control.....	80
4.5 Determinar la disponibilidad final teórica de acuerdo al plan de Mantenimiento.....	96
V. DISCUSIÓN.....	101
VI. CONCLUSIONES.....	104
VII. RECOMENDACIONES.....	106
REFERENCIAS.....	107
ANEXOS.....	108

Índice De Tablas

Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
Tabla 2: Productos y velocidad de línea	17
Tabla 3: Tabla de capacidad de máquinas de envasado.	27
Tabla 4. OPI de Línea de Envasado Latas	33
Tabla 5: Tabla de eficiencia de línea de Envasado Latas.	34
Tabla 6. Tiempo de parada en minutos.....	35
Tabla 7. Tabla de Disponibilidad agosto 21 – enero 22.....	38
Tabla 8. Tiempo perdido por falla en máquinas en cada mes.	38
Tabla 9. Tiempos perdidos por máquina agosto 21 - enero 22	41
Tabla 10. Fallas mecánicas y eléctricas en la llenadora.....	44
Tabla 11. Análisis de valorización de las causas de Ishikawa de Atascamiento de latas.....	47
Tabla 12. Resumen de resultados de Análisis de Ishikawa y 5 porqués de Llenadora.....	49
Tabla 13. Fallas mecánicas y eléctricas en Paletizadora.	50
Tabla 14. Análisis de valorización de las causas de Ishikawa de desalineamiento de packs al ingreso a Paletizadora.	53
Tabla 15. Preguntas y respuestas del análisis de 5 porque de Transportes de separadores sin lubricación.	54
Tabla 16. Resumen de resultados de Análisis de Ishikawa y 5 porqués de Paletizadora.	55
Tabla 17. Fallas mecánicas y eléctricas en Alimentador de tapas.....	56
Tabla 18. Análisis de valorización de las causas de Ishikawa de Atascamiento de tapas en carrilera de abastecimiento.	59
Tabla 19. Preguntas y respuestas del análisis de 5 porque de sensores desalineados.	60
Tabla 20. Resumen de resultados de Análisis de Ishikawa y 5 porqués de alimentador de tapas.	61
Tabla 21. Fallas mecánicas y eléctricas en Termocontraible.....	62
Tabla 22. Análisis de valorización de las causas de Ishikawa de Rotura de faja de traspaso de paquetes a horno.....	65
Tabla 23. Preguntas y respuestas del análisis de 5 porque de faja de fabricación nacional. ..	66
Tabla 24. Resumen de resultados de Análisis de Ishikawa y 5 porqués de Termocontraible.	67
Tabla 25. Resumen del resultado del análisis de Ishikawa y 5 porqués.	68

Tabla 26. Análisis de modos de falla de llenadora de latas.	73
Tabla 27. Análisis de modos de falla de depaletizadora.....	74
Tabla 28. Análisis de modos de falla de alimentador de tapas.....	75
Tabla 29. Análisis de modos de falla de Warmer.	76
Tabla 30. Análisis de modos de falla de termocontraible.	77
Tabla 31. Análisis de modos de falla de paletizadora.	78
Tabla 32. Análisis de modo de fallas de transporte de latas.	79
Tabla 33. Actividades de mantenimiento preventivo para llenadora de latas.	84
Tabla 34. Actividades de mantenimiento preventivo para depaletizadora.	85
Tabla 35. Actividades de Mantenimiento preventivo para Alimentador de tapas.	86
Tabla 36. Actividades de Mantenimiento preventivo para Warmer.	86
Tabla 37. Actividades de Mantenimiento preventivo para Termocontraible.....	87
Tabla 38. Actividades de Mantenimiento preventivo para Paletizadora.	88
Tabla 39. Actividades de Mantenimiento preventivo para Transportadores.	89
Tabla 40. Actividades de Mantenimiento preventivo para equipos menores.....	91
Tabla 41. Actividades preventivas con frecuencia mensual.....	96
Tabla 42. Cronograma del plan de mantenimiento.....	97
Tabla 43. Distribución de tiempos para ejecución del plan de mantenimiento.	97
Tabla 44. Disponibilidad mensual aplicando el plan de mantenimiento.	99
Tabla 45. Costo anual del plan de mantenimiento.	100

Índice De Figuras

Figura 1: Evolución de ventas de cerveza. En miles de millones de soles	1
Figura 2: Volumen de producción mensual de cerveza en hectolitros - 2021	2
Figura 3: Organigrama Heineken Planta - Huachipa.	15
Figura 4. Productos envasados en Línea de Latas.	16
Figura 5. Esquema de proceso de envasado línea de latas - Planta Huachipa	18
Figura 6. Inspección del proceso de elaboración.	19
Figura 7. Análisis de calidad del producto.	19
Figura 8. Inspección de latas vacías	20
Figura 9. Latas ingresando al Rinser	20
Figura 10. Llenado del producto.....	21
Figura 11. Cerrado de latas.....	21
Figura 12. Latas ingresando al codificador.....	22
Figura 13. Lata codificada.	22
Figura 14. Empaquetado.....	23
Figura 15. Paletizado.	23
Figura 16. Tipos de tiempos.....	29
Figura 17. Tiempos por tipos de paros.....	32
Figura 18. Eficiencia de línea de latas.....	34
Figura 19. Comportamiento de Línea de Latas - agosto 2021	37
Figura 20. Análisis de Pareto de los tipos de fallas.	42
Figura 21. Análisis Pareto de los equipos con tipo de falla mecánica y eléctrica.	43
Figura 22. Diagrama Pareto de fallas en la llenadora.....	45
Figura 23. Análisis de Ishikawa Llenadora	46
Figura 24. Diagrama Pareto de fallas en Paletizadora.	51
Figura 25. Análisis de Ishikawa de Paletizadora	52
Figura 26. Diagrama de Pareto de fallas en Alimentador de tapas.....	57
Figura 27. Análisis de Ishikawa de Alimentador de Tapas.	58
Figura 28. Análisis de Pareto de fallas mecánicas y eléctricas de Termocontraible. .	63
Figura 29. Análisis de Ishikawa de Termocontraible.....	64

Figura 30. Frecuencia del mantenimiento.	81
Figura 31. Ejemplo de determinación de frecuencia de una actividad preventiva.....	83
Figura 32. Formato de orden de trabajo.	93
Figura 33. Formato de programa de mantenimiento preventivo.	94
Figura 34. Formato de Historia de los equipos.	95

RESUMEN

Esta investigación abordó el tema de la disponibilidad de las máquinas de la línea de envasado de cerveza en latas de la empresa Heineken Perú, debido a que las máquinas presentaban paradas por falta de un plan de mantenimiento preventivo. El objetivo general de este trabajo fue el diseño de un plan de mantenimiento preventivo con la metodología RCM para las máquinas de la línea de envasado. Se planteó una metodología con enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y diseño no experimental. Para la obtención de los datos de análisis se realizaron cuestionarios, formatos de recolección de información técnica de las máquinas y registro de paradas. La población fue constituida por las fallas de las máquinas en el periodo agosto 2021 a enero 2022, la muestra fue las fallas de mayor incidencia en la baja disponibilidad.

De acuerdo con el análisis realizado se concluye que las máquinas de línea de envasado de latas se encuentran con una disponibilidad inicial del 80.16%. Las máquinas con mayor tiempo de paradas son la llenadora, alimentador de tapas, platicadora y termocontraible. Se determinó las fallas de mayor impacto en la disponibilidad mediante Pareto y el análisis de estas fallas para encontrar la causa raíz se elaboraron diagrama de Ishikawa y análisis de 5 porqués. Para el resto de equipos se realizó un cuestionario con las 7 preguntas claves del RCM con el cual se elaboró cuadros de modos de falla, finalmente se analizó con un equipo evaluador las actividades preventivas a realizar para las máquinas. Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo se obtendría en 6 meses una disponibilidad del 95.0%, superando el objetivo de la empresa de una disponibilidad del 90.0%.

Palabras clave: disponibilidad de máquina; mantenimiento preventivo; RCM.

ABSTRAC

This research addressed the issue of the availability of the machines of the canned beer packaging line of the Heineken Peru company, due to the fact that the machines had stops due to the lack of a preventive maintenance plan. The general objective of this work was the design of a preventive maintenance plan with the RCM methodology for the machines of the packaging line. A methodology with a quantitative approach, of an applied type and non-experimental design, was proposed. In order to obtain the analysis data, questionnaires were carried out, formats for collecting technical information from the machines and registration of stops. The population was constituted by the failures of the machines in the period August 2021 to January 2022, the sample was the failures with the highest incidence in low availability.

According to the analysis carried out, it is concluded that the can packaging line machines have an initial availability of 80.16%. The machines with the longest downtime are the filler, lid feeder, palletizer and heat shrink. The failures with the greatest impact on availability were determined by means of Pareto and the analysis of these failures to find the root cause, Ishikawa diagram and 5-whys analysis were elaborated. For the rest of the equipment, a questionnaire was made with the 7 key questions of the RCM with which charts of failure modes were prepared, finally the preventive activities to be carried out for the machines were analyzed with an evaluation team. With the implementation of the preventive maintenance plan, an availability of 94.0% would be obtained in one year, exceeding the company's objective of an availability of 90.0%.

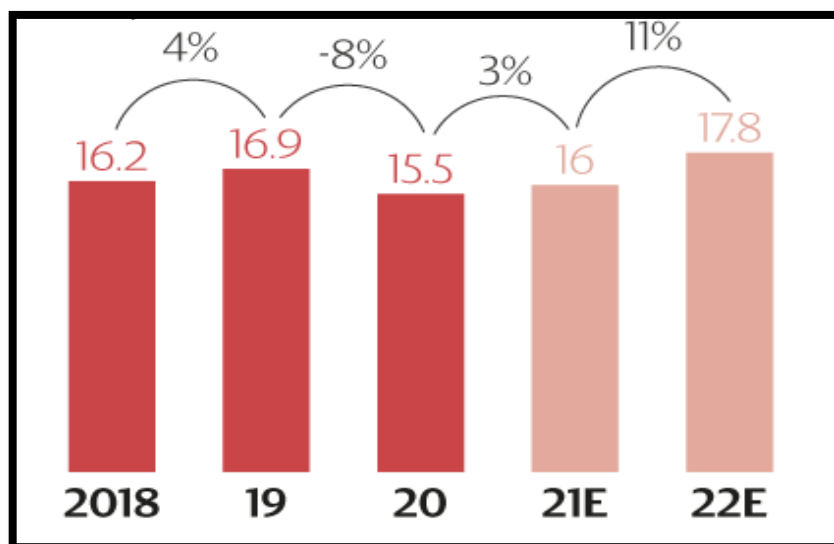
Keywords: machine availability; Preventive Maintenance; RCM.

I. INTRODUCCIÓN

Heineken anunció el 9 de septiembre del 2020 su ingreso al mercado cervecero peruano mediante la compra de la marca local Tres Cruces y la incorporación de su equipo operativo. De tal manera, el ingreso de Heineken se da en asociación estratégica con AJE Group (AJE), el cual será su socio local de ventas y distribución en el canal tradicional. Cabe mencionar que el mercado peruano es uno de los más grandes de América Latina donde Heineken no tenía operaciones. Las ventas anuales de cerveza ascienden a alrededor de 14 millones de hectolitros, de las cuales el 40% corresponde solo a Lima. (Gestión 2021)

Después de un año muy golpeado por el impacto del Covid-19, el 2021 el mercado de cervezas empezó aumentar las ventas promovido por la base baja comparativa, el incremento del uso de canales no tradicionales como el e-commerce y la producción de nuevos productos y presentaciones como consecuencia de la mayor competencia por la entrada de Heineken. El año 2021 se tenía previsto un incremento en las ventas, pero no se dio, las ventas para este 2022 se estiman que puedan alcanzar los niveles que tenían antes de la pandemia. (Ver gráfico).

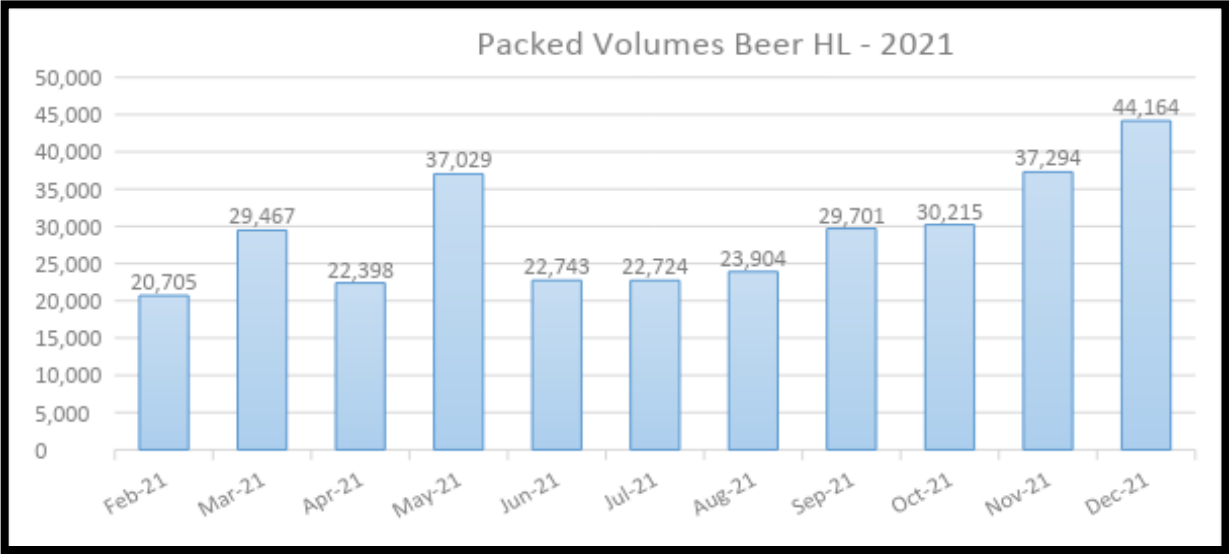
Figura 1: Evolución de ventas de cerveza. En miles de millones de soles



Nota: Fuente: SEMANAeconomica.

De acuerdo a los estudios realizados por Euromonitor International las proyecciones de ventas en el mercado cervecero se verá un aumento del 2.5%, este crecimiento es causado por las nuevas marcas que ingresarán al Perú impulsados por las grandes empresas. La pandemia ha permitido un adelanto en la innovación en el mundo cervecero, trayendo como consecuencia que el año 2020 las marcas líderes produzcan bebidas en empaques de consumo individual y presentaciones a precios más alcanzables del consumidor. Un ejemplo es que en el 2021 Backus ha lanzado Cusqueña Doble Malta, el lanzamiento de la cerveza Pilsen, de 296 ml, es otro ejemplo. Por otro lado, Leandro Berrone, Managing Director de Heineken Perú declara a los medios: "Relanzamos la marca Tres Cruces con una venta de entre 70% y 80%, por encima de lo que vendía antes de la pandemia". Heineken inició operaciones en Perú el 09 de febrero del 2021 con dos líneas de envasado Línea de Latas en la cual se envasa las cervezas Tres Cruces Lager, Tres cruces light, Amstel y Tiger en sus presentaciones de 473 ml y 355 ml y la Línea de botella en la cual envasan las cervezas anteriores en sus presentaciones de 650 ml y 355 ml, en el año 2021 Heineken ha tenido una producción en envasado de 320,343 Hectolitros.

Figura 2: Volumen de producción mensual de cerveza en hectolitros - 2021



Nota: Fuente: Registros de producción 2021 - Heineken.

Según registros de producción de Heineken del total de hectolitros envasados el 70% se envasa en presentaciones de latas, debido a que las presentaciones en latas son la que tienen mayor demanda en el mercado, nace el problema de ¿Cómo incrementar la disponibilidad de las máquinas de envasado en latas mediante la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo con la Metodología RCM? El interés con este estudio es mejorar la disponibilidad de la línea de latas para cumplir con las programaciones de producción en los tiempos establecidos.

La justificación del proyecto de investigación resulta técnicamente porque las paradas constantes de las máquinas del proceso de envasado producen atrasos en la producción, debido a que la producción de packs de cerveza es programada de acuerdo a la necesidad del mercado si no se logra cumplir con la producción se tiene clientes esperando ser atendidos. Asimismo, tenemos como consecuencia de las fallas en las máquinas productos con déficit de calidad ocasionando productos observados por el área de calidad y esperando ser liberados para su venta, muchas veces tienen que ser re-empacados para salir al mercado. Por otro lado, otra consecuencia son las mermas que al ser desechados ocasionan la proliferación de plagas afectando la salubridad de la planta. Finalmente, se justifica económicamente porque la línea de envasado es un receptor de productos e insumos de otras áreas, es decir si el envasado tiene una parada también se ven afectadas otras áreas como el área de fuerza que suministra vapor, CO₂, energía eléctrica, etc. Otra área afectada es el de Elaboración que tiene que recircular el líquido a envasar, estos procesos tienen un costo de personal, tiempo y calidad. Si reduce el número de paradas imprevistas de las máquinas y el tiempo de reparación es menor se lograría un proceso constante de producción, productos con calidad y un porcentaje de mermas bajo. Económicamente, tendría un alcance significativo como fruto de un cumplimiento de producción programada y ahorro de personal en el re-empaque.

Por consiguiente, se plantea como objetivo principal: Diseñar un plan de mantenimiento preventivo con la metodología RCM para incrementar la disponibilidad

de las máquinas de la Línea de Envasado De Latas en la Empresa Heineken; que se cumple mediante el logro de los siguientes objetivos específicos:

- Realizar el diagnóstico de la situación actual en las operaciones de producción y mantenimiento en la empresa Heineken, midiendo la disponibilidad de las máquinas de la Línea de Envasado de Latas en la Empresa Heineken.
- Determinar las fallas que inciden en la disponibilidad de las máquinas de la Línea de Envasado de Latas mediante el Método Pareto.
- Determinar las causas de los modos de falla mediante la metodología del RCM, de las máquinas de la Línea de Envasado de Lata en la Empresa Heineken.
- Establecer las actividades de mantenimiento preventivo y su registro en los formatos de control.
- Determinar la disponibilidad final teórica de acuerdo al plan de Mantenimiento.

La hipótesis planteada para la investigación es que mediante el diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo con la Metodología RCM para la línea de envasado de Latas, traerá como consecuencia incrementar de la disponibilidad de las máquinas de la línea de latas en la Empresa Heineken.

II. MARCO TEÓRICO.

De la Rosa & Torres (2020) en su trabajo de investigación formularon el objetivo de diseñar un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos de bombeo en una planta minera. Iniciando con la recolección de información para medir el estado en el cual se encontraban los equipos de bombeo obteniendo un 72% de disponibilidad. Luego de analizar las principales causas del problema con la ayuda del diagrama de Ishikawa y Pareto, determinaron las acciones a tomar con la elaboración de políticas de mantenimiento, formato de reporte de fallas, check list, procedimientos estándares de trabajo de mantenimiento y fichas de control de parámetros de funcionamiento de las bombas. Obteniendo como nueva disponibilidad de los equipos un 93%. De la misma manera analizaron el impacto económico del proyecto en la empresa minera, el costo de inversión del proyecto es de \$ 55,400 con un flujo saliente anual de \$ 63,000 y \$ 946,011.98 de entrada por año. El proyecto tiene un VAN de \$ 267,176 y un TIR de 100.53%. Por lo tanto, su proyecto de investigación es viable económicamente con un impacto positivo de ahorro para la empresa minera.

Zapata (2017) en su proyecto de investigación planteó como objetivo, proponer una gestión de mantenimiento para los transportadores de cajas de cerveza para una embotelladora en Motupe. Para cumplir con el objetivo, recolectar información del historial de fallas más comunes que presentaban los transportadores de cajas, con esta información calculó la disponibilidad inicial de los transportadores de cajas de cerveza obteniendo un 97.1%. Ante este resultado, se analizaron las fallas de mayor impacto en mermar la disponibilidad el análisis fue realizado con diagrama de Ishikawa y 5 por qué. Para la gestión de mantenimiento implementó los planes de mantenimiento, formatos de reporte de averías, check list, análisis formal de fallas (AFF), etc. Finalmente, se obtuvo un 98.8% de disponibilidad de los transportadores de cajas de cerveza. Concluyendo que un incremento superior al 1% es considerado aceptable de acuerdo a los estándares de clase mundial del mantenimiento puntualizan que el 1% tiene gran implicancia en la producción industrial.

Castro (2021) en su investigación, consideró como el objetivo implementar un plan de mantenimiento preventivo para las bombas sumergibles Gorman Rupp para luego determinar en cuánto mejora la disponibilidad de las bombas. El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en tres fases. La primera fase consistió en el análisis de la situación inicial de las bombas y su disponibilidad. Los resultados obtenidos fueron analizados económicamente por la gerencia de la Empresa. En la segunda fase, se puso en marcha la propuesta de solución, la elaboración del plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las bombas que nació del análisis de los modos de falla más críticos. La tercera fase, se implementó las actividades preventivas que se elaboraron en el plan de mantenimiento también se implementaron y control mediante fichas, formatos y procedimientos. Luego de la implementación del plan de mantenimiento se volvió a medir la disponibilidad pasando de 90% a 94%. Concluyendo que la disponibilidad resultante de las bombas incide de gran manera en la continuidad de prestar el servicio solicitado.

Mago-Ramos, M., & Rocha-Pachón, S. (2021) en su investigación plantean el diseño y la implementación del plan de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa. Para lograr el diseño del plan de mantenimiento se recolectó información técnica de los todos los equipos de la planta, jerarquizados mediante un análisis de criticidad y realizando un diagnóstico de la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos de la empresa. Para el diseño del plan de mantenimiento utilizaron la metodología RCM con la técnica del Análisis de los modos y efectos de falla (AMEF). En la implementación del plan de mantenimiento definieron tareas semanales, mensuales, semestrales y anuales, mientras tanto en el control del plan se elaboró formatos los cuales ayudaron a conocer el stock de repuestos disponible en planta. Para el análisis financiero tuvieron en consideración los indicadores del ROI, VAN y TIR, demostrando que su proyecto es rentable para la empresa y que las acciones preventivas consideradas en el plan de mantenimiento disminuyen las paradas no planificadas de los equipos.

Casaña-Medel (2021) en su investigación tiene como objetivo valorar la calidad del mantenimiento técnico que aplican a los equipos. Para la valoración del mantenimiento se tiene más de 100 indicadores, pero como esta investigación se realiza a una empresa cubana que solo utilizan un indicador de gestión del mantenimiento (coeficiente de disponibilidad técnica) con uno solo indicador no se puede valorar la gestión del mantenimiento. Para cumplir con el objetivo proponen utilizar indicadores de clase mundial como la disponibilidad, el costo del mantenimiento por facturación con resultados de 85,14% y 47,35% respectivamente, estos resultados se encuentran dentro del rango de aceptable. También se calculó el MTTR y MTBF con resultados que pudieron ser más alentadores si los mantenimientos correctivos se realizan con mayor rapidez y el uso de insumos de mayor calidad. Con todos estos resultados concluye que la valoración de la calidad del mantenimiento técnico es la adecuada para la gestión de un mantenimiento de clase mundial.

Ben, Mohamed, y Muduli (2021), investigaron el efecto del mantenimiento preventivo en la confiabilidad de los equipos de una planta embotelladora de cerveza. Para esta investigación se recaudó información por seis meses, donde la planta estuvo en operaciones 111.5 días, un equivalente a 2676 horas de producción. Se obtuvieron un total de 461 eventos de fallas traducidos en 451.18 horas de pérdidas de tiempo en paradas no planificadas. La empacadora de botellas resultó como la máquina con mayor tiempo de avería de 104.52 horas. Realizando un análisis de modos de fallas de la empacadora de botellas, resultando como causa principal un mantenimiento preventivo ineficaz. Además, se encontró que algunas actividades de mantenimiento preventivo no se ejecutaban, por lo tanto, aumentaron la tasa de falla de los componentes hasta convertirse en averías no planificadas. Una de las acciones que se tomó fue establecer un equipo de mantenimiento autónomo como parte de un programa de mantenimiento preventivo efectivo para mejorar la confiabilidad de los equipos críticos. También se eligieron operadores de experiencia para realizar ajustes y mantenimientos menores (limpieza, inspección, lubricación y ajustes) utilizando listas de verificación, después de dos meses de implementado el mantenimiento autónomo

se observó una notoria reducción de averías. Pasando la confiabilidad en la empacadora de 55.30% a 70.80%.

Los Cambios en el Mundo del Mantenimiento

En los últimos años el mantenimiento ha ido evolucionando debido a que están aumentando los recursos físicos (la planta, equipos y las instalaciones) las cuales deben ser mantenidas, con diseños más sofisticados, con nuevas técnicas de mantenimiento. Esto incluye el deseo de abarcar los efectos de las fallas de los equipos sobre el medio ambiente y la seguridad, abarcar la conexión entre mantenimiento y la calidad del producto y lograr una alta disponibilidad de una planta con un adecuado control de costos.

Evolución del mantenimiento

Desde 1930 el mantenimiento se puede dividir en tres generaciones:

Primera Generación (1930- 1950):

- La industria no estaba mecanizada.
- Las paradas de servicio no tenían mucha relevancia.
- Diseño de equipos sobredimensionados.
- Cambiar cuando se dañe.

Segunda Generación (1950- 1970):

- Menor disponibilidad de mano de obra.
- Incremento de máquinas y procesos mecanizados.
- El tiempo de fuera de servicio entró a un enfoque agudo.
- Se desarrolla el Mantenimiento preventivo.

Tercera Generación (1970- 2000)

- Mayor desarrollo de sistemas mecanizados y automatizados.

- Las empresas buscan seguridad, calidad, ser amigables con el medio ambiente y tener procesos continuos.
- La confiabilidad y disponibilidad es tema en todas las empresas.

Mantenimiento Correctivo:

Es el mantenimiento que se realiza cuando se presenta una falla y es urgente corregir esas fallas para restablecer el activo a su estado habitual de funcionamiento. La urgencia de atender las fallas es para solucionar eventuales efectos a la seguridad del personal de operaciones, al medio ambiente, normas de la empresa, etc. Las pequeñas empresas son las únicas que realizan este tipo de mantenimiento.

Mantenimiento Preventivo:

Es el mantenimiento que se ejecuta antes que ocurra la falla, es un mantenimiento programado y planificado. Consiste en realizar cambios y ajustes de componentes de acuerdo a intervalos de tiempos o número de fallas. El mantenimiento preventivo se basa en considerar que existe un desgaste de los componentes de un activo que tiene que ser cambiado periódicamente. El objetivo del mantenimiento preventivo se logra mediante un programa de revisiones en el tiempo de operación de las máquinas, no solo es necesario las revisiones, también el control mediante registros de las máquinas con datos relevantes ayuda a tener un control de repuestos y costos. Es de mucha necesidad llevar los controles ya que ayudan a tomar decisiones objetivas en próximas reparaciones e incluso la renovación del activo.

Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM:

Tiene como objetivo determinar las acciones preventivas a realizar para garantizar el funcionamiento de los activos físicos en su contexto operacional actual. Trayendo como consecuencia la reducción de costos, acciones de mantenimiento en fallas de mayor importancia. Analiza las consecuencias de las fallas evaluándose por seguridad y amenazas al medio ambiente para ayudar en la toma de decisiones. Para el desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad se analizan los modos,

efectos y causas de las fallas, para elegir las estrategias de mantenimiento adecuadas para cada una de las fallas. Para que un programa de RCM sea eficaz se tiene que tener un control de las actividades para esto es necesario el control mediante formatos debido a que los controles de datos te ayudan a mejorar las acciones preventivas a considerar.

Jhon Murray (2002), sostiene que la metodología del RCM propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento del activo en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las funciones y los niveles de rendimiento del equipo?
2. ¿Cómo puede fallar el equipo en su función?
3. ¿Cuáles son los modos de falla más frecuentes?
4. ¿Cuáles son las causas de cada modo de fallo?
5. ¿Cuáles son las consecuencias de cada modo de fallo?
6. ¿Qué se puede/debe hacer para prevenir los fallos?
7. ¿Qué hacer si la prevención falla?

Disponibilidad: Es cuando una máquina u equipo está listo para funcionar, cuando sea requerido.

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

Dónde:

C: Confiabilidad

MTBF: Tiempo promedio entre falla

MTTR: Tiempo promedio de reparación

Análisis de Pareto 80 - 20

Es un método de análisis, que mediante gráfico estadístico nos ayuda a identificar las causas más importantes de un determinado problema. Su funcionamiento es a priorizar las actividades que producen menor porcentaje de causas 20%, originan la mayor cantidad de fallas 80%. Identificando ese pequeño porcentaje de causas se

puede actuar adecuadamente sobre él. El método Pareto se presenta en un gráfico que es fácil de analizar.

Fases de Preparación

- Identificar el problema que analizar.
- Es indispensable que la variable sea cuantificada y se pueda medir.
- Decidir cómo clasificar los datos. Elaboración de una lista de los problemas que inciden en el problema.
- Determinar el tiempo de observación del problema. Se sugiere que sea un periodo semanal o mensual.
- Recabar los resultados y ordenarlos. Prepara una hoja de recolección de resultados para estructurarlos de acuerdo al tipo y periodo de observación.

Análisis de causa raíz:

Es un método que ayuda a encontrar la causa de un problema, para esto está estructurada metodológicamente para poder encontrarla y cómo solucionarlo. Identificar la causa raíz es atacar directamente el problema y poder eliminarla o minimizarla. En mantenimiento un análisis causa raíz ayuda a hacer eficiente el uso de recursos para mejorar la gestión de mantenimiento. El análisis causa raíz debe realizarse de manera ordenada siguiendo los procedimientos para dejar evidencias de los resultados y conclusiones obtenidas.

Causas Raíz

Las causas de un análisis están clasificadas de la siguiente manera:

- Raíz física. Es causado por el ambiente y/o condiciones de operación.
- Raíz humana. Causado por la intervención errónea de una persona.
- Raíz latente. Causado por las fallas de los sistemas y/o máquinas.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

Es aplicada, debido a buscar generar el entendimiento a partir de solucionar un problema del sector industrial.

Diseño de Investigación:

La investigación tiene el diseño no experimental, como consecuencia que el problema investigado se desarrolla en un contexto de realidad y el análisis de la información es verídica.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente:

Diseño de un Plan de mantenimiento preventivo con la Metodología RCM.

Variable Dependiente:

Mejora de la Disponibilidad de las Máquinas de La Línea de Envasado De Latas.
El cuadro de operacionalización de variables se encuentra en el Anexo 1.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

La población está integrada por las Fallas de las máquinas de envasado de la Línea de Latas de la Empresa Heineken.

Muestra

La muestra son las fallas de mayor incidencia en la disponibilidad de las Máquinas de la Línea de Envasado de Latas de la Empresa Heineken, determinado mediante el Método Pareto.

Muestreo

El Muestreo que se realizó es no probabilístico porque se utilizara el Método Pareto para determinar muestra.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para este proyecto se utilizó las siguientes técnicas de recolección de datos:

Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas	Uso	Instrumentos
Observación	Esta técnica se usará para la recolección de datos técnicos de las máquinas y estado inicial de las máquinas.	- Manuales técnicos - Check List - Ficha de Registro de parada - Ficha de Registro producción.
Encuestas	Usaremos para recabar información de los Modos de Fallas que tienen las Máquinas.	- Ficha de Encuesta

Nota: Fuente: Elaboración propia.

3.5 Procedimientos

Para el proyecto de tesis se siguió el siguiente procedimiento:

- Inicialmente, se determinó las fallas que inciden en la disponibilidad de las máquinas de la Línea de Envasado de Latas que serán analizados mediante el Método Pareto.
- Luego, encontramos las causas de los modos de falla mediante la metodología de Análisis Causa Raíz.
- Posteriormente, se establecen las actividades de mantenimiento preventivo y su registro en los formatos de control.
- Finalmente, hallamos la disponibilidad final teórica de acuerdo con el plan de Mantenimiento.

3.6 Método de análisis de datos

El método utilizado en el proyecto de investigación es:

Método analítico, que consistió en separar todas las características del objeto en estudio para observar las causas, la naturaleza y los efectos, para analizar los datos se utilizara el Método Pareto, Diagrama de Ishikawa y Análisis de Modos y efectos de Falla. Adicionalmente, se usó Excel para procesar los datos mediante el cálculo de las fórmulas, para la creación de registros de control y para la redacción de los resultados del análisis se realizará mediante el Microsoft Word.

3.7 Aspectos éticos

La presente investigación se realizó de manera transparente y responsable, citando todas las fuentes adecuadamente y respetando a los autores en su derecho a la propiedad intelectual. Así mismo, para realizar esta investigación se usaron datos directos que son fidedignos y conservando la privacidad.

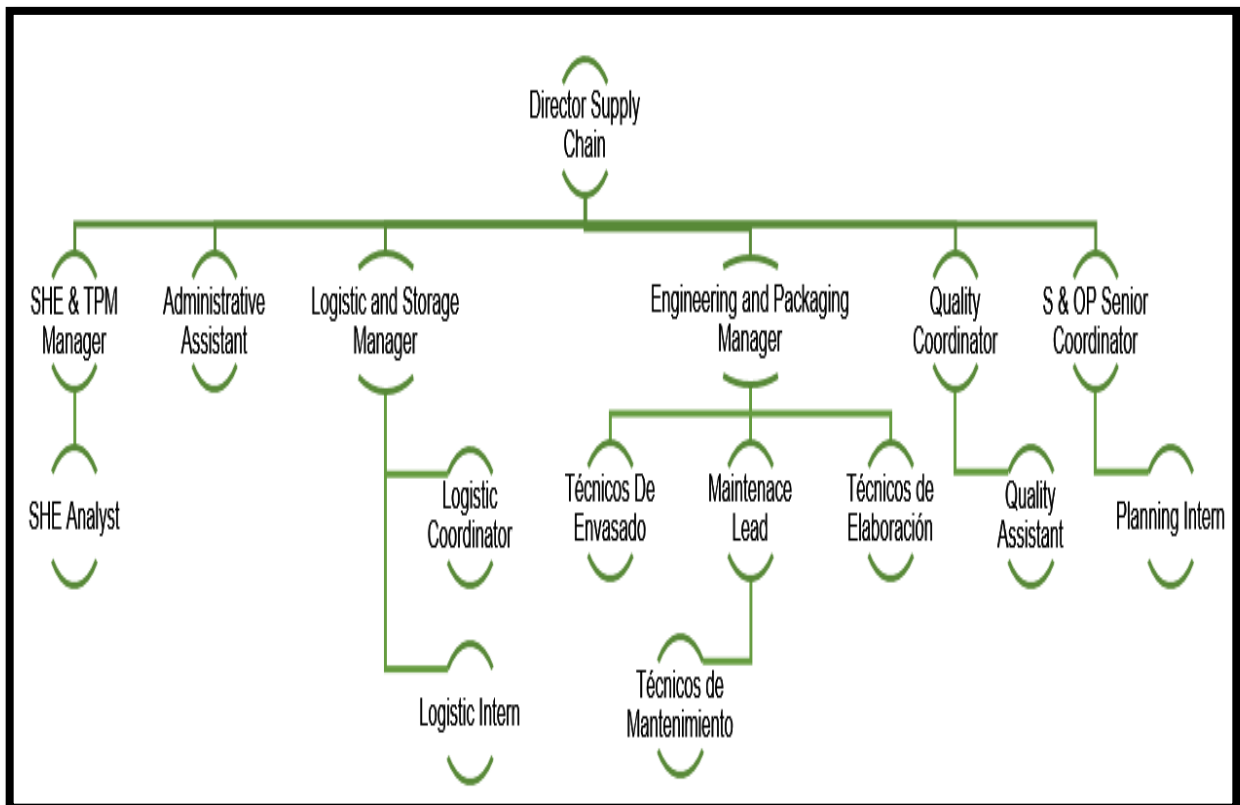
VI. RESULTADOS

4.1 Diagnóstico de la situación actual en las operaciones de producción y mantenimiento.

Para conocer la situación actual en las operaciones de producción y mantenimiento dentro de la empresa fue necesario saber la estructura organizacional de la planta de producción (Planta Huachipa), conociendo el organigrama se pudo identificar a las personas encargadas de la producción y mantenimiento.

La organización de la planta es por jerarquías dónde el responsable de toda la planta es el Director Supply Chain, luego se tiene a los Manager y Coordinator. Para nuestra investigación identificamos al Engineering and Packaging Manager como el responsable de las operaciones de producción y mantenimiento.

Figura 3: Organigrama Heineken Planta - Huachipa.



Nota: Fuente: Heineken, 2022.

La figura 3, muestra el organigrama de la planta de producción. El cual ya se encuentra establecido por la alta gerencia regional de la empresa. La estructura organizacional fue proporcionada por el área de recursos humanos de Heineken.

Los procesos de elaboración, envasado y mantenimiento son administrados por el Engineering and Packaging Manager, pero en la gestión del mantenimiento se tiene también al Maintenance Lead que tiene la función de supervisar las actividades de reparaciones realizadas por personal propio y terceros.

En la búsqueda de información se identificó algunos datos como: la línea de envasado de latas fue instalada a inicios de 2007, la administración de esta línea hasta 2020 fue por el grupo Aje. En el 2021, Heineken asume la administración de la línea y cuenta con una capacidad de envasado de 36000 lph¹, independientemente del formato a envasar.

En las operaciones de producción Heineken ofrece al público peruano una variedad de marcas y presentaciones de sus productos. En la figura siguiente los productos que se envasan en la línea de latas.

Figura 4. Productos envasados en Línea de Latas.



Nota: Fuente: Heineken, 2022.

¹ lph: Latas por hora

Tabla 2: Productos y velocidad de línea

Producto		Velocidad de línea lph
Lata Standard	Tres cruces Lager 473 y 355 ml.	36000 lph
	Tres cruces Ligth 473 y 355 ml.	
	Amstel 473 ml.	
	Tiger 473 ml.	
Lata Slit	Amstel 355 ml.	36000 lph
	Tiger 355 ml.	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

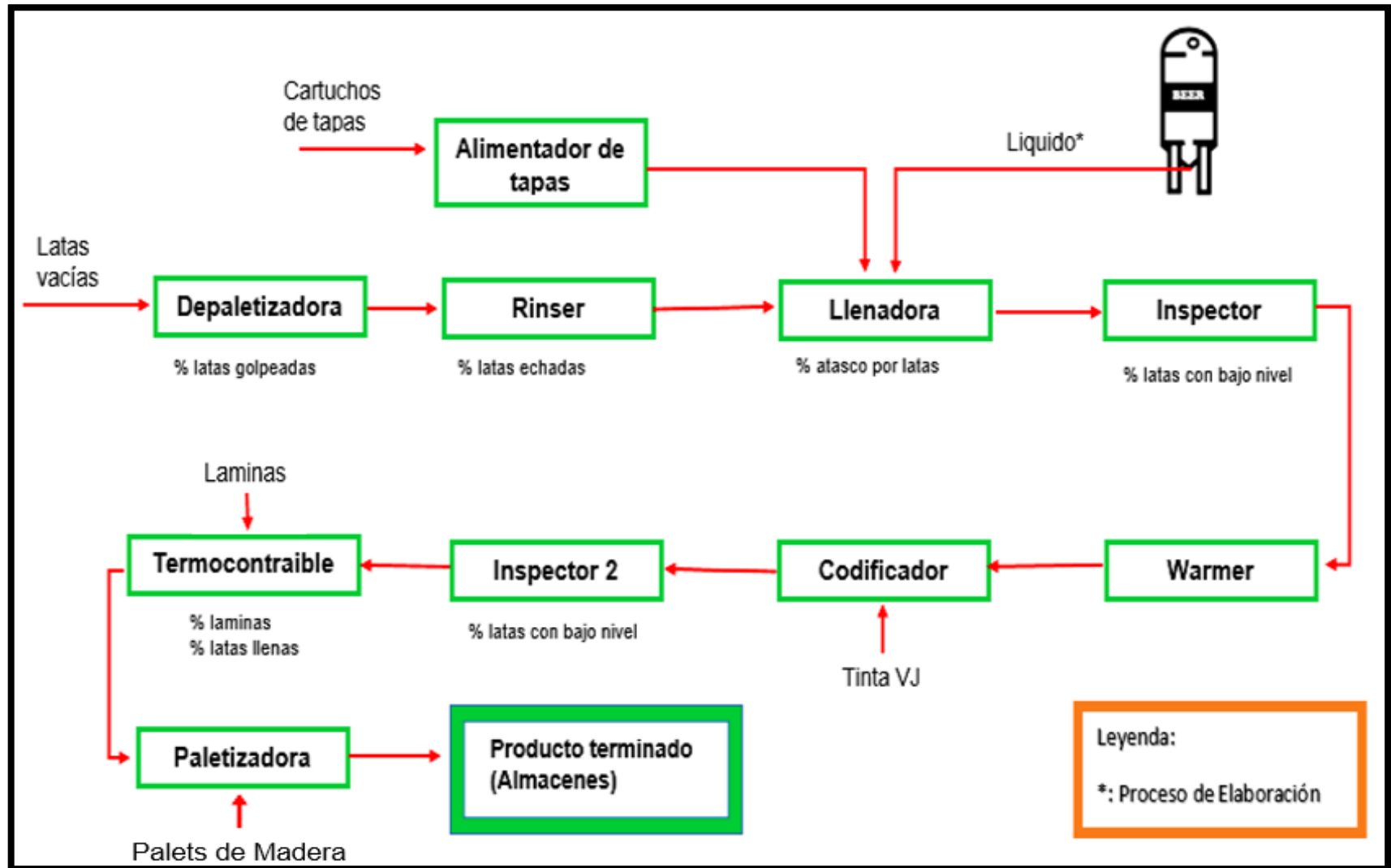
En la tabla 2, se observa todos los productos, los tipos de latas para envasar y la velocidad de envasado.

Proceso de Envasado.

El proceso de envasado está dividido en 4 pasos, además, estas operaciones son desarrolladas por máquinas industriales que solo necesitan la intervención humana en proporcionar insumos y trabajos de mantenimiento. En la figura 4, se detalla la secuencia del proceso de envasado, los ingresos de insumos y controles de mermas. Además, se mencionan las máquinas de la línea de envasado.

- Alimentador de tapas.
- Llenadora.
- Rinser.
- Depaletizadora.
- Inspector 1 y 2.
- Warmer.
- Codificador.
- Termocontraible.
- Paletizadora.
- Transporte Zona 1, 2,3,4,5 y 6.

Figura 5. Esquema de proceso de envasado línea de latas - Planta Huachipa



Nota: Fuente: Elaboración propia

Descripción del proceso de envasado línea latas:

A continuación, detallamos los pasos del proceso de envasado en la línea de latas, el detalle de los pasos es del resultado de una entrevista a los operadores de envasado y operadores del área de elaboración. La herramienta de recolección de información fue un cuestionario de 8 preguntas. Ver anexo 3.

Paso 1. Recepción de Líquido a Envasar (Cerveza)

Previo a la recepción del líquido el operador de la llenadora y el asistente de calidad deberán garantizar la limpieza interna (proceso CIP) y externa (proceso COP) de la llenadora. El suministro del líquido a envasar está a cargo del Área de Elaboración, el operador de la Llenadora es el encargado de recibir el líquido y el área de calidad verifica los niveles de oxígeno y CO₂ en el envase.

Figura 6. Inspección del proceso de elaboración.



Nota: Fuente: Heineken 2021.

Figura 7. Análisis de calidad del producto.



Nota: Fuente: Heineken 2021.

Paso 2. Suministro de Envase (Latas)

El suministro de latas está a cargo del Área de Almacén, las paletas de latas son entregados al operario de la Depaletizadora. Después las latas viajan por el transporte antes de llegar al rinser las latas pasan por un transporte de vacío donde con ayuda de una campana de succión se elimina restos de polvo u otros objetos pequeños del interior de las latas. En el Rinser las latas son lavadas con agua de proceso a una presión de 0.7 Bar, para luego llegar a la Llenadora.

Figura 8. Inspección de latas vacías



Nota: Fuente: Heineken 2021.

Figura 9. Latas ingresando al Rinser



Nota: Fuente: Heineken 2021.

Paso 3. Envasado y Cierre del Producto

El envasado y cierre del producto es realizado por la llenadora. Las latas limpias ingresan a la llenadora y entonces, las 91 válvulas de llenado inyectan el líquido en las

latas. Para el cierre de las latas, las tapas que son enviadas por el Alimentador de tapas, las tapas recorren un canal de aproximadamente 15 metros para llegar a la cerradora. Después, el producto pasa por el inspector de nivel donde analiza el nivel y el correcto cierre del producto.

Figura 10. Llenado del producto.



Nota: Fuente: Heineken 2021.

Figura 11. Cerrado de latas.



Nota: Fuente: Heineken 2021.

Paso 4. Codificación

La temperatura promedio de envasado está entre 1 a 5 °C, para la codificación es necesario incrementar la temperatura a un valor de temperatura del ambiente, para esto el producto pasa por la Warmer. Al interior del Warner las latas son bañadas con agua a temperatura de 50°C, esta exposición al agua caliente es de manera constante

durante todo el recorrido en el interior del Warmer para lograr esto la velocidad del transporte es lenta. Luego, el producto pasa por unos sopladores que están instalados a la salida del Warner, otro al ingreso del codificador. Estos sopladores ayudan a eliminar los restos de agua que pueda tener las latas, consiguiendo así una lata seca y con una temperatura ambiente para llegar al Codificador donde por medio de una tinta se imprime el código de producción.

Figura 12. Latas ingresando al codificador.



Nota: Fuente: Heineken 2021.

Figura 13. Lata codificada.



Nota: Fuente: Heineken 2021.

Paso 5. Empaquetado y Paletizado.

Después del codificado las latas viajan hacia un volteador para quedar en posición donde la tapa esté en vista superior, antes de llegar al empaquetado las latas pasan por otro soplador debido a que los transportadores son lubricados por medio de una mezcla de agua y lubricante entonces siempre arrastran gotas de esta mezcla, al pasar

por el soplador se elimina estas gotas. Las latas llegan a la Termocontraible, haciendo uso de láminas son empaquetados y pasan por el horno donde la lámina se contrae haciendo que el producto quede empaquetado. Después, viaja hacia la Paletizadora donde se arman en parihuelas de una determinada altura, esto dependerá del tipo de formato del producto. Luego son envueltos con stretch film por la Robopack. Finalmente, las parihuelas son retiradas por el montacargas hacia el almacén de producto terminado. Para el almacenado de producto terminado el operador del montacargas realiza una inspección visual de los pallets, si hubiese algún desperfecto se bloquea el producto y queda en observación para el análisis del área de calidad.

Figura 14. *Empaquetado.*



Nota: Fuente: Heineken 2021.

Figura 15. *Paletizado.*



Nota: Fuente: Heineken 2021.

Máquinas del Proceso de Envasado.

El anexo 4. Ayudo a encontrar los datos más importantes de los equipos de envasado, a continuación, se detalla los datos y características de las máquinas.

Alimentador de tapas: Es la encargada de alimentar las tapas hacia la llenadora por medio de unos conductos circulares.

Marca: CSW

Modelo:54-AF-10-2 // MII298-EHS

Velocidad: 1500 tapas/minuto

Características:

- Mesa de acumulación para 30 rollos de tapas. Recarga manual.
- Sistema neumático de traslado de rollo al área de desembalaje.
- Cuchilla rotatoria y rollo de goma para eliminación de envoltorio de papel.
- Sistema de descarga para mover las tapas al carril de descarga.
- Sensor de detección de tapa invertida y eliminación.
- Control de huecos para aliviar presión de ingreso a la cerradora.

Llenadora: Esta máquina es la que se encarga de hacer el llenado y cerrado del líquido, para este necesitamos el líquido proveniente del área de elaboración, las tapas enviados por el alimentador de tapas y las latas limpias suministradas por la depaletizadora pasando por el rinser para ser limpiadas.

Marca: Simonazzi

Modelo: Strancans 2000

Velocidad: 36000 lph

Características:

- 92 válvulas de llenado.
- Sistema de regulación de altura para latas de 473 ml y 355 ml.
- Regulación de velocidad desde el panel de control.
- Modulador de ingreso de cerveza y CO2 automático.
- Sistema de enjuague COP automático.

Rinser: Encargado de la limpieza de latas por medio de chorros de agua a presión constante de 0.7 bar. (Fabricación nacional)

Marca: S/M

Modelo: S/M

Velocidad: 36000 lph

Características:

- Fabricado en material de acero inoxidable.
- Guías de entrada y salida de latas de acero inoxidable.
- 8 toberas de chorros de agua.
- 4 toberas para chorros de CIP.
- Bomba de agua automática.
- Sensores de presencia de latas, al ingreso y salida para el movimiento de los transportes.

Depaletizadora: Es la encargada de despaletizar las latas, es decir colocar las latas en el transporte. Las latas vienen en pallets de más 14 niveles que son separados por cartones, la depaletizadora tiene un mecanismo para separar los cartones y marcos de madera de las latas. Las latas vacías viajan hacia el rinser.

Marca: SASIB S.p.A.

Modelo: SWEEP.OFF.A-Z

Velocidad: 42000 lph

Características:

- Ingreso de los pallets de latas vacías por medio de un transporte.
- Sistema neumático para quitar el marco de madera y cartón separador de camas en los pallets.
- Capacidad de almacenamiento de 20 marcos y 100 cartones separadores.
- Almacenamiento de parihuelas vacías.
- Accionamiento manual de ingreso de pallets.

Inspector de nivel: Control de nivel de llenado, ubicado en la salida de la llenadora y después del codificado de latas.

Marca: HEUFT.

Modelo: SPECTRUM

Velocidad: 40000 lph

Características:

- Rechazo de latas de bajo nivel de llenado y fallas en el cierre de tapas.
- Control de válvula de bajo llenado (Inspector ubicado en la salida de llenadora)
- Control de porcentaje de rechazo.
- Accionamiento neumático para el rechazo.

Warmer: Es la encargada de calentar las latas a una temperatura ambiente. Los insumos que necesita la warmer es el vapor y el agua, la planta fuerza es el área encargada de proporcionar estos recursos.

Marca: LIESS

Modelo: AQUECEDOR TSC I 50/30

Velocidad: S/N

Características:

- Capacidad de almacenaje en el interior de 7000 latas.
- Velocidad de salida con regulación automática de acuerdo a la temperatura ambiente.
- Reguladores de ingreso de vapor (Presión: 8 bar).
- Nivel de agua automático.
- Soplador de aire a la salida para eliminar restos de agua.

Termocontraible: Es la encargada de empaquetar el producto mediante láminas, el producto pasa por un horno con una temperatura de 170 °C.

Marca: SMI

Modelo: FORNO E/2

Velocidad: 6600 paquetes por hora

Características:

- Regulación de número de latas por paquete automático.
- Sensor de presencia de diseño en la lámina para el corte.
- Capacidad de 2 bobinas de lámina.
- Flujo de aire regulable manual al ingreso, interior y salida del horno.

Paletizadora: Su función dentro del proceso es la parte final, teniendo como propósito el correcto paletizado en parihuelas de madera y el forrado mediante stretch film en la robopack.

Marca: SISAB S.p.A.

Modelo: SIMONAZZI

Velocidad: 7000 paquetes por hora

Características:

- Ingreso de paquetes independientes por dos canales, con contadores de paquetes.
- Recarga de cartones separadores manual.
- Suministro de parihuelas de forma automática.
- Robopack independiente.
- Transporte de salida con control automático y manual.

Transporte Zona 1, 2,3,4,5 y 6: El transporte de zona 1 es la encargada de transportar latas vacías. Transporte zona 2,3,4 y 5 son los que transportan las latas con contenido y el transporte zona 6 transporta los paquetes de la termocontraible hacia la paletizadora.

Tabla 3: *Tabla de capacidad de máquinas de envasado.*

Máquina	Velocidad lph
Depaletizadora	42000
Llenadora	36000
Termocontraible	39600
Paletizadora	42000

Nota: Fuente: Heineken 2021.

La tabla 3, muestra las cuatro principales máquinas con sus respectivas capacidades de trabajo, estas capacidades nos ayudarán a analizar la velocidad de envasado de la línea. Estos valores se obtuvieron de un análisis de balance de línea, es decir con estos valores de velocidad se garantiza el funcionamiento continuo de la línea. Se observa que la llenadora es la máquina con menor capacidad entonces la línea tendrá esa capacidad de producción.

Análisis de Producción y Mantenimiento.

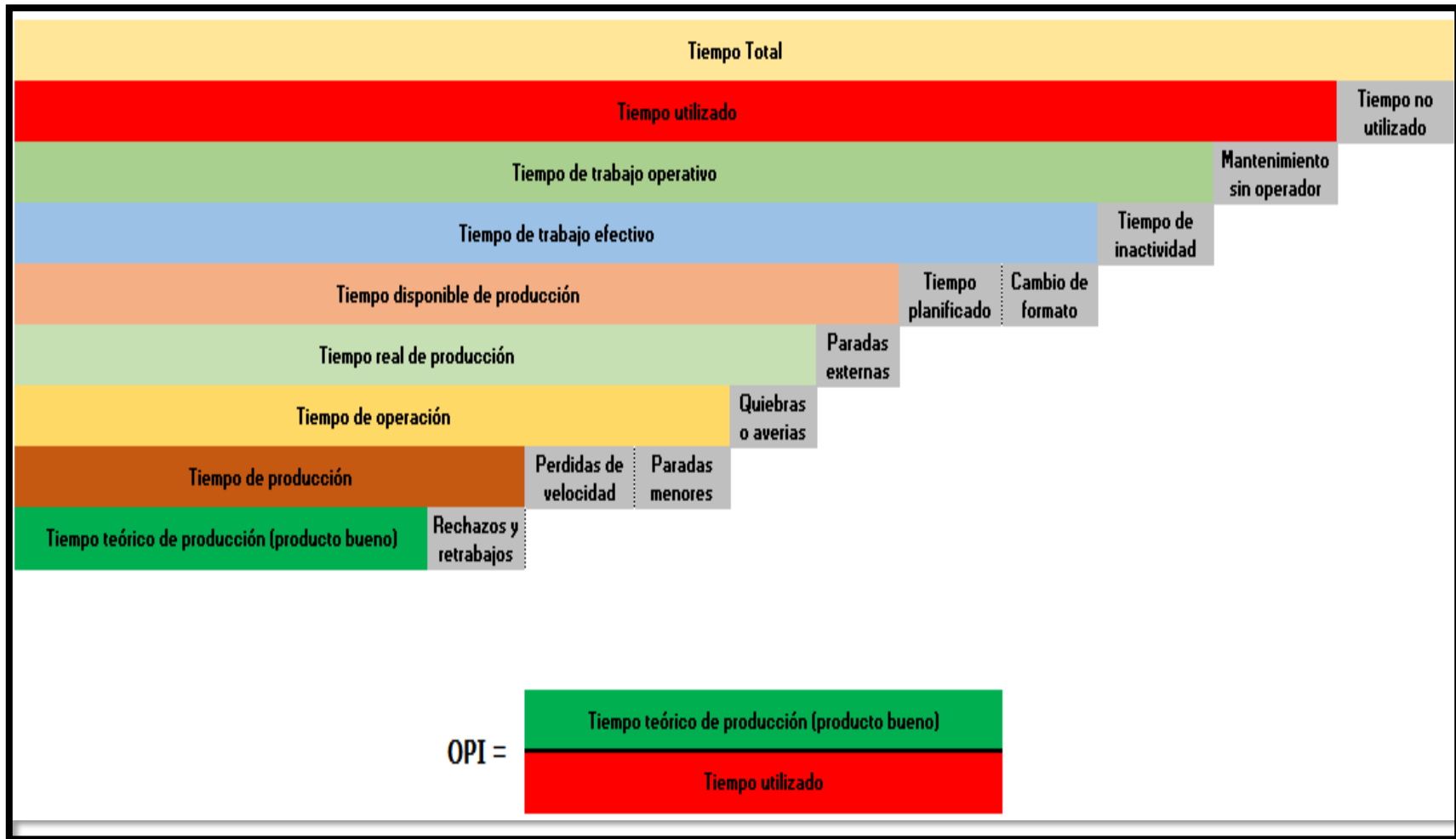
Para analizar la producción y el mantenimiento, se mantuvieron reuniones con Engineering and Packaging Manager en el cual recolectamos información sobre los indicadores de gestión para la producción y mantenimiento. Obteniendo los siguientes indicadores:

- Indicadores de Producción:
 - OPI (Indicador de performance operacional)
 - Eficiencia de línea
- Indicadores de Mantenimiento:
 - MTTR (Tiempo promedio de reparación)
 - MTBF (Tiempo promedio entre falla)
 - Disponibilidad de línea

Para poder generar los indicadores de gestión el área de producción implementó un control de operación de línea donde controlan los tiempos de parada de línea, a continuación, se detalla el control de los tiempos:

El tiempo es un recurso que se debe administrar de la mejor manera, por lo cual Heineken dentro de sus operaciones tiene como objetivo la administración del tiempo mediante el indicador de performance operacional (OPI). El OPI es la relación del tiempo teórico de producción (producto bueno) entre el tiempo utilizado. Para medir estos tiempos Heineken, ha determinado los tiempos para tener en cuenta para calcular el OPI. En la figura 15, observamos los tiempos que intervienen en el proceso de envasado de la línea de latas.

Figura 16. Tipos de tiempos.



Nota: Fuente: Heineken 2021.

De la figura 15, podemos definir los tipos de tiempos que consideramos para esta investigación.

Tiempo Total: Es el tiempo de un periodo considerado, para Heineken el tiempo total son todos los días de un mes.

Tiempo utilizado: Son los días laborables del mes.

Tiempo de trabajo operativo: Es aquel donde el operador de la máquina está realizando alguna labor de mantenimiento y/o limpieza de la máquina.

Tiempo de trabajo efectivo: Es el tiempo planificado por el área de producción para realizar trabajos netamente de producción como cambio de formato, arranque de línea, etc.

Tiempo disponible de producción: Está determinado como el tiempo en que la máquina o línea está disponible para producir.

Tiempo real de producción: Es el tiempo en que la máquina está produciendo.

Tiempo de operación: Es aquel tiempo donde la máquina está produciendo a plena capacidad.

Tiempo de producción: Es el tiempo en la cual la máquina produce considerando productos buenos y malos.

Tiempo teórico de producción: Es el tiempo donde solo se considera la producción de productos buenos. Rechazos y retrabajos es el tiempo de los productos malos.

Para el cálculo de los tiempos de la figura anterior, se tiene que considerar los tiempos por tipos de paros. En la figura siguiente (Figura 16) se detalla los tiempos por tipo de paros y los factores que influyen en su cálculo.

Tiempo no utilizado: Son los feriados y domingos.

Mantenimiento sin operador: Es cuando solo se encuentra el equipo de mantenimiento interviniendo a la máquina.

Tiempo de inactividad: Es aquel tiempo que el equipo de producción espera la programación de producción.

Tiempo planificado: Es aquel tiempo de charlas, capacitaciones, reuniones, etc.

Cambio de formato: Es el tiempo que se utiliza para cambiar de producto o presentación.

Paradas externas: Son el tiempo donde la línea está parada por fuentes externas como falta de insumos, falta de producto, etc.

Quiebras o averías: Es el tiempo de parada de la máquina mayor a 5 minutos por una falla mecánica, eléctrica u operacional.

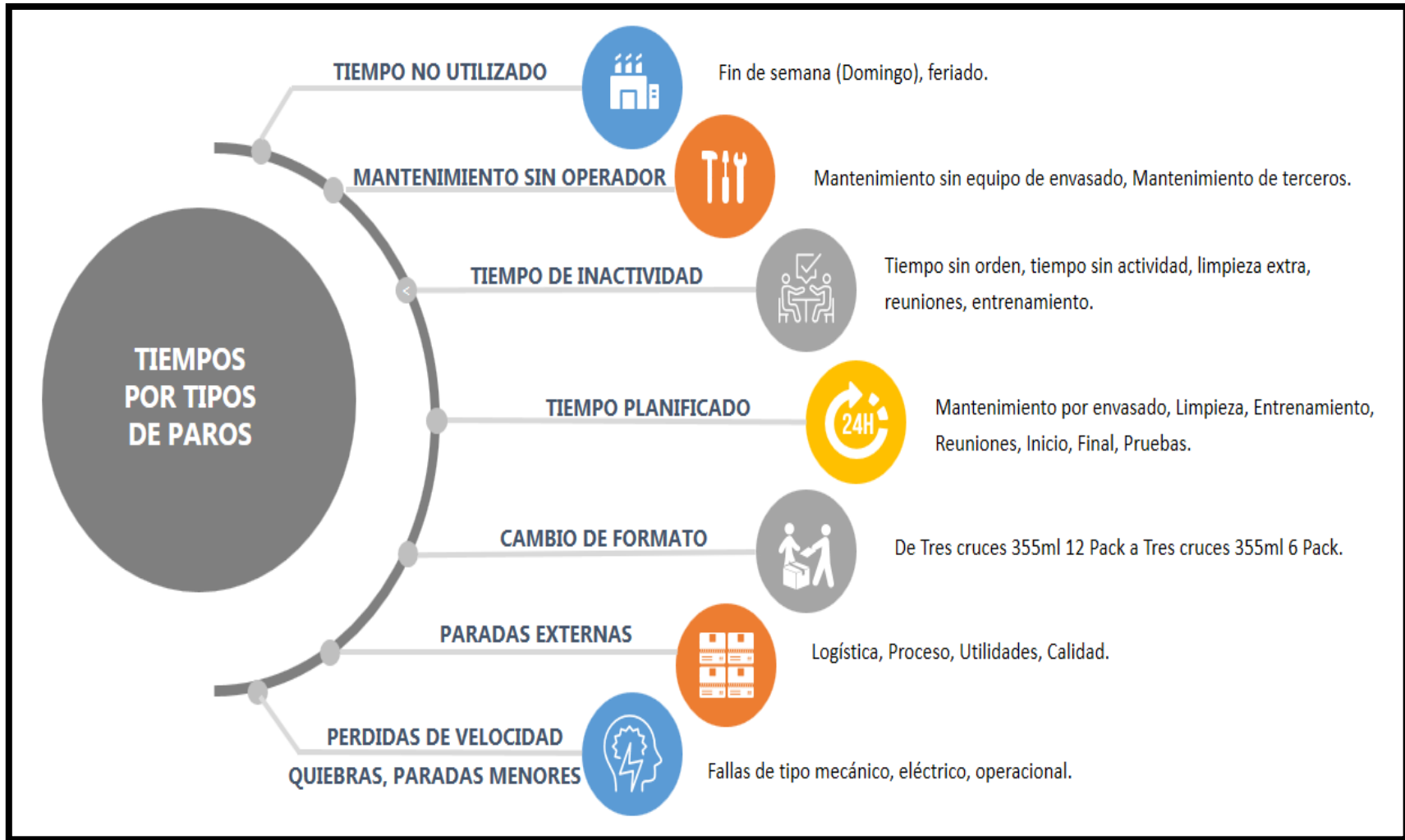
Paradas menores: Son tiempos de fallas menores a 5 minutos.

Pérdida de velocidad: Es el tiempo donde la máquina está produciendo por debajo de su capacidad nominal.

Para registrar estos tipos de paros se utiliza el Formato de registro de paradas de máquina (Anexo 2).

Para el análisis de la capacidad de la línea de envasado de latas se consideró la Tabla 3. Tabla de capacidad de máquinas de envasado. Observamos que la llenadora es la máquina denominada “cuello de botella” debido a que su capacidad es la menor de todas, entonces consideraremos que cuando la llenadora esté envasando se considerará la línea en operación y caso contrario se considerará como parada de línea.

Figura 17. Tiempos por tipos de paros.



Nota: Fuente: Heineken 2021.

Indicador de performance operacional (OPI):

Para los cálculos se analizaron los datos registrados desde agosto 2021 hasta enero 2022, se tiene los siguientes resultados, encontrando un OPI promedio de 56.35%. A continuación, se presenta la tabla 4. Del OPI de la línea de latas, de lo cual se observa que en los tres primeros meses de análisis un OPI menor a 60.00%, que es el objetivo. Pero en los dos siguientes se logra cumplir el objetivo esto revela que la línea de envasado puede cumplir con los objetivos trazados, aplicando un adecuado plan de mantenimiento preventivo se podrá reducir las paradas de línea y dar mayor disponibilidad a las máquinas.

Tabla 4. OPI de Línea de Envasado Latas

Meses	OPI de Línea (%)
Ago-21	50.30%
Set-21	50.80%
Oct-21	57.30%
Nov-21	67.00%
Dic-21	60.20%
Ene-22	52.50%
Promedio	56.35%
Meta Objetiva	60.00%

Nota: Fuente: Heineken 2022.

Eficiencia de Línea:

La línea de latas presenta una eficiencia promedio de 71.20% que se encuentra muy por debajo de la eficiencia planteada como objetivo 80%. Esta baja eficiencia tiene como origen las diversas paradas que tuvo las máquinas, estas fallas influyen y determinan el rendimiento fuera de lo deseado.

Cálculo de la eficiencia de línea:

$$Eficiencia = \frac{\text{Tiempo teórico de producción}}{\text{Tiempo utilizado}} \times 100\%$$

Tabla 5: Tabla de eficiencia de línea de Envasado Latas.

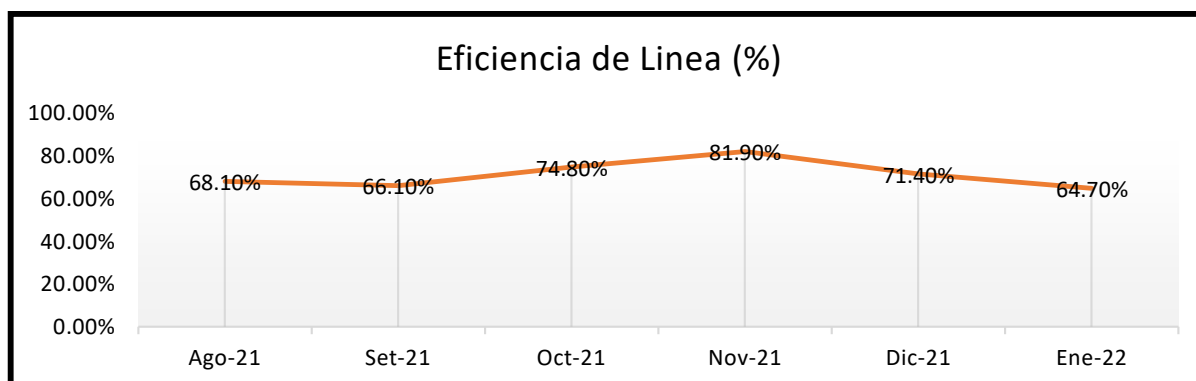
Meses	Eficiencia de Línea (%)
Ago-21	68.10%
Set-21	66.10%
Oct-21	74.80%
Nov-21	81.90%
Dic-21	71.40%
Ene-22	64.70%
Promedio	71.20%
Meta Objetiva	80.00%

Nota: Fuente: Heineken 2022.

Para el análisis de la eficiencia de línea se consideró la velocidad nominal de llenado de 36000 lph, de los registros de paradas de máquina se calculó el tiempo utilizado en producción y el tiempo teórico de producción de acuerdo con las unidades producidas. Para el análisis del problema en estudio se consideró los últimos meses del año 2021 y enero del 2022.

En la figura 17, observamos la variación de la eficiencia de la línea en los últimos 6 meses, en el mes de noviembre alcanzó 81.90% superando el valor de la meta objetiva. Entonces la línea de latas puede alcanzar los valores deseados, por lo cual se puede esperar grandes resultados de la propuesta de nuestro estudio.

Figura 18. Eficiencia de línea de latas.



Nota: Fuente: Heineken 2022.

Tanto el OPI como la eficiencia de la línea de latas son indicadores de gestión de producción, pero se ven afectados con la baja disponibilidad de las máquinas. El mes de noviembre de 2021 se logra cumplir con los objetivos establecidos por Heineken, asimismo, tener estos valores demuestran que los objetivos son cumplibles.

En la tabla 6. Podemos ver a detalle los tipos y tiempos de parada de la línea de envasado, detallamos los tipos de parada:

Tabla 6. Tiempo de parada en minutos.

Tipo de Paro	Tiempo de parada en minutos					
	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21	Ene-22
No utilizado	19914	17933	24793	18564	19705	24881
Mantto. Sin Operador	1440	960	960	480	0	0
Sin actividad	705	0	0	0	0	0
Planificado	3654	3369	3420	2844	2941	2222
Cambios	669	1530	953	1177	972	1496
Externa	1855	1436	657	404	146	203
Quiebra	2227	4335	2227	2976	5721	5333
Parada menor	1647	713	128	115	109	55
Pérdida velocidad	18	0	0	0	0	0
Retrabajo	0	0	0	0	0	0
Rechazo	79	97	129	139	43	67
Tiempo utilizado	18255	19409	14514	20135	42064	32050
Tiempo teórico de producción (producto bueno)	12430	12828	11373	16500	15013	10367

Nota: Fuente: Heineken 2022.

Disponibilidad de línea:

Para el análisis de la disponibilidad de la línea y las máquinas se necesita medir los indicadores de mantenimiento MTBF y MTTR. Debido a que la disponibilidad está en función de estos indicadores.

Fórmula de disponibilidad:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

De las ecuaciones de cálculo del MTBF y MTTR:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo disponible de producción}}{\textit{TOTAL DE PARADAS}}$$

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total reparacion}}{\textit{Número de fallas}}$$

De acuerdo con la figura 15, calcularemos el tiempo disponible de producción es la suma de los tiempos de tiempo teórico de producción, rechazos y retrabajos, pérdida de velocidad, paradas menores, quiebras o averías y paradas externas. Para reemplazarlo en la fórmula de MTBF, los valores de estos tiempos están detallados en tabla 6, y el número de paradas se obtiene del registro de paradas de máquina.

Para el cálculo del MTTR, el tiempo de reparación es la suma de los tiempos de mantenimiento sin operador, quiebra, parada menor, pérdida de velocidad y rechazo. El número de fallas se obtiene del registro de paradas de máquina.

Cálculo mensual de disponibilidad - agosto 2021

- Cálculo de MTBF:

$$MTBF = \frac{1855 + 2227 + 1647 + 18 + 79 + 12430}{1131}$$

$$MTBF = \frac{18256}{1131}$$

$$MTBF = 16.14$$

- Cálculo de MTTR:

$$MTTR = \frac{2227 + 1647 + 18}{1042}$$

$$MTTR = \frac{3892}{1042}$$

$$MTTR = 3.74$$

Entonces reemplazamos los valores hallados de MTBF y MTTR en la fórmula de la disponibilidad:

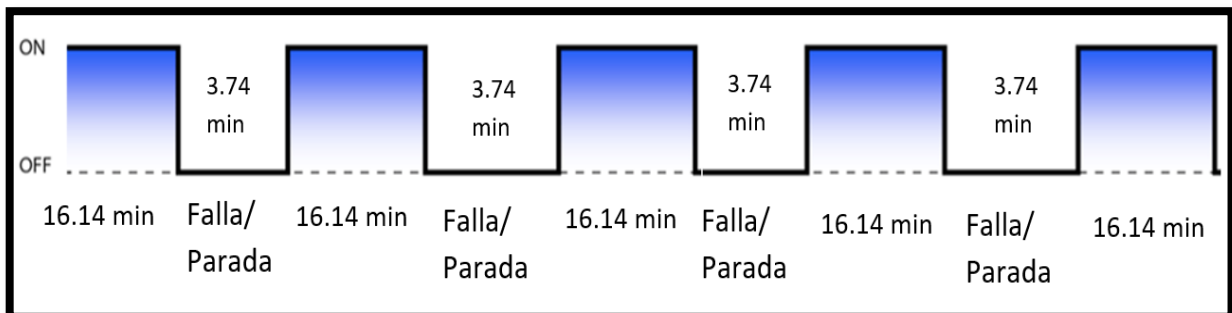
$$Disponibilidad = \frac{16.14}{16.14 + 3.74} \times 100\%$$

$$Disponibilidad = \frac{16.14}{19.88} \times 100\%$$

$$Disponibilidad = 81\%$$

Por lo tanto, el mes de agosto de 2021, la línea de latas presentaba cada 16.14 minutos una falla, la cual se demoraba en ser reparada 3.74 minutos. Con lo cual nos da una disponibilidad del 81%.

Figura 19. Comportamiento de Línea de Latas - agosto 2021



Nota: Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo la misma metodología de cálculo para los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero. Presentamos el siguiente cuadro, donde detallamos los valores de MTBF, MTTR y disponibilidad de la línea de envasado de latas.

Tabla 7. *Tabla de Disponibilidad agosto 21 – enero 22.*

Tiempo (minutos)	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21	Ene-22
Tiempo de producción	18255	19409	14514	20135	21032	16025
Total de paradas	1131	646	193	149	299	235
Tiempo de reparación	3892	5048	2355	3092	5830	5388
Número de fallas	1045	566	181	148	292	219
MTBF	16.14	30.04	75.20	135.13	70.34	68.19
MTTR	3.72	8.91	13.01	20.88	19.96	24.60
Disponibilidad	81%	77%	85%	87%	78%	73%
Meta Objetiva	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en la tabla 8, presentamos los tiempos perdidos solo por fallas de las máquinas en cada mes. Obteniendo un total de 25605 minutos de inoperatividad de la línea de envasado.

Tabla 8. *Tiempo perdido por falla en máquinas en cada mes.*

Meses	Tiempo perdido (minutos)
Ago-21	3892
Set-21	5048
Oct-21	2355
Nov-21	3092
Dic-21	5830
Ene-22	5388
Total	25605

Nota: Fuente: Heineken 2022.

De acuerdo con la tabla 7, vemos que el indicador del MTBF de los meses de septiembre 2021 a enero 2022 se ha ido incrementando, indicando una mejora en la operatividad de la máquina teniendo así mayor tiempo de operación entre fallas. Por otro lado, el indicador MTTR también se ha incrementado haciendo notar la falta de mantenimiento preventivo de las máquinas. Con estos valores de los indicadores tenemos una disponibilidad entre 73% a 87%.

Las metas objetivas de los indicadores OPI (60%), eficiencia de línea (80%) y disponibilidad de línea (90%) están definidas por Heineken, estos valores fueron establecidos en reuniones del Director Supply Chain con los Manager y Coordinator. Entonces, para la investigación se consideró los mismos valores de las metas objetivas.

4.2 Determinación de las fallas que inciden en la disponibilidad de las máquinas de la Línea de Envasado de Latas mediante Diagrama de Ishikawa y Pareto.

Para el análisis de las fallas se utilizó el registro mensual de paradas de máquinas que fueron registradas por los operadores. Ver los anexos de Consolidado de paradas de máquinas mensuales (Anexo 5 al 10).

Los resultados obtenidos fueron desarrollados siguiendo la siguiente estructura de análisis:

- Identificar los tipos de fallas (Método Pareto).
- Identificar a los equipos críticos (Método Pareto).
- Identificar las fallas de mayor impacto en la baja disponibilidad (Método Pareto).
- Conformación del equipo evaluador.
- Análisis para las fallas (Diagrama de Ishikawa)
- Ponderación de las causas de la falla (Criterio del evaluador).
- Análisis de 5 porqués para determinar la causa raíz.

Esta estructura de análisis está orientada a los criterios de análisis seguidos por las áreas de producción y mantenimiento de la empresa.

A continuación, se desarrolla el análisis de las fallas que inciden en la baja disponibilidad de la línea.

Análisis de disponibilidad de las máquinas de la línea de envasado de latas.

Por lo mencionado en la introducción y descripción de la realidad donde se desarrolla el estudio, la línea de latas presenta problemas de baja disponibilidad de las máquinas y un incremento en las mermas. La consecuencia de la baja disponibilidad son las constantes paradas de las máquinas debido a los siguientes tipos de fallas: mecánicas, eléctricas y operativas.

A continuación, analizamos los tipos de fallas que más impactan en la disponibilidad de los equipos, para ello utilizamos como herramienta el diagrama de Pareto.

Tabla 9. *Tiempos perdidos por máquina agosto 21 - enero 22*

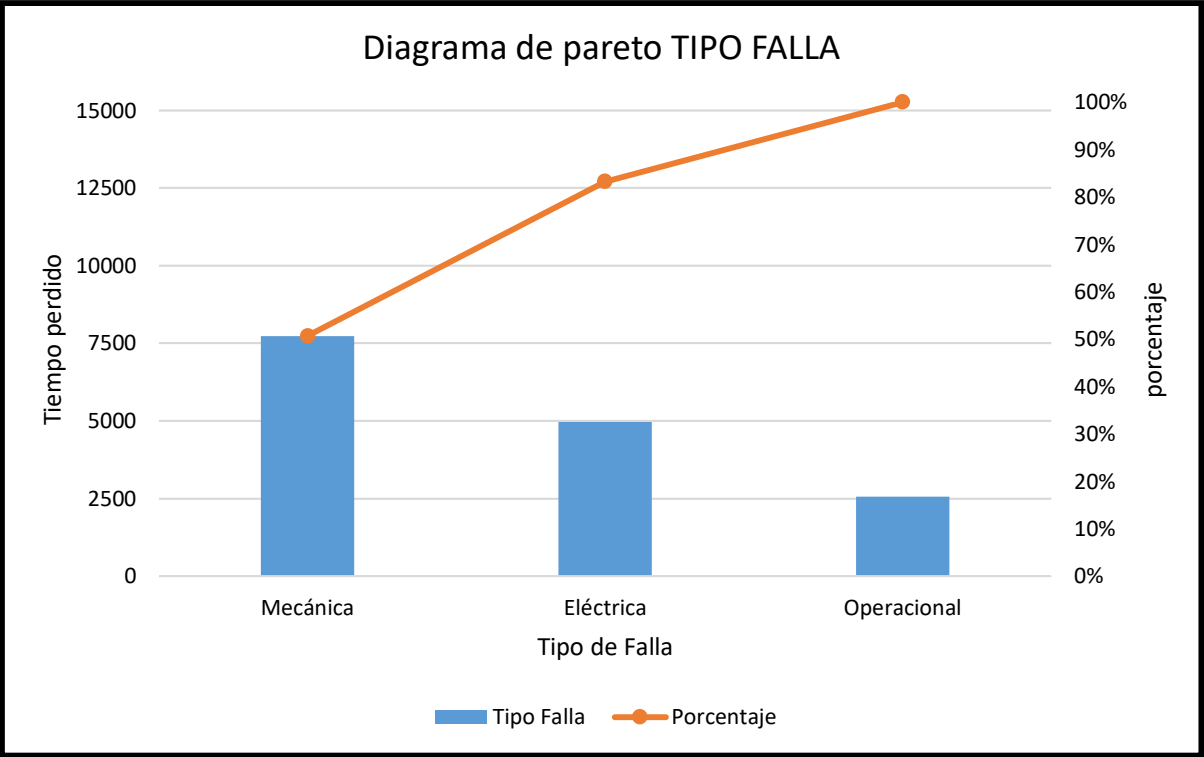
Tiempo perdido por máquina agosto 21 – enero 22					
Equipo	Operacional	Mecánica	Eléctrica	Tiempo de parada (Minutos)	%
Llenadora	336	2115	1264	3715	24%
Paletizadora	300	1152	1394	2846	18%
Alimentador de tapas	244	1893	64	2201	14%
Termocontraible	163	1001	996	2160	14%
Rinser	150	257	660	1067	7%
Transp. Termo - Paletizadora	452	361	123	936	6%
Despaletizadora	236	273	329	838	5%
Transp. Llenadora - Warmer	127	554	20	701	5%
Codificador	316	21	24	361	2%
Transp. Codificador - Termo	45	231	0	276	2%
Transp. Warmer - Codificador	24	112	17	153	1%
Warmer	112	10	0	122	1%
Inspector de Nivel	15	28	70	113	1%
Transp. Despa - Rinser	37	0	0	37	0%
Transp. Rinser - Llenadora	0	0	11	11	0%
Total de Tiempo de paradas	2557	8008	4972	15537	100%

Nota: Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se observa en resumen los tiempos perdidos por falla mecánica, eléctrica y operacional. Usando la tabla anterior se desarrolla la figura 19, que muestra el análisis de los tipos de falla mediante el diagrama de Pareto.

En la figura 20, identificamos que el 80% de las fallas son del tipo mecánico y eléctrico. Estos tipos de fallas son las de mayor impacto en la disponibilidad de la línea de envasado.

Figura 20. Análisis de Pareto de los tipos de fallas.

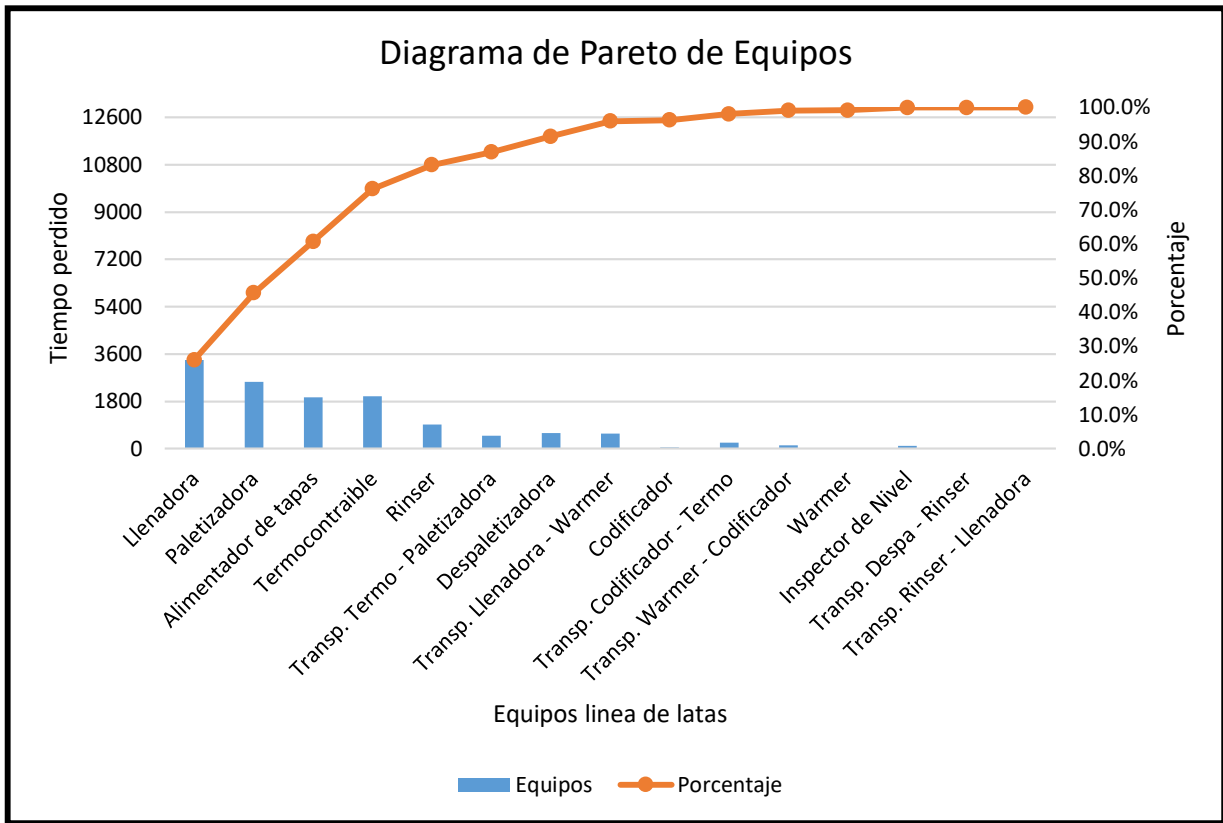


Nota: Fuente: Elaboración propia.

Teniendo identificado los tipos de fallas de mayor impacto, continuaremos identificando a los equipos que presentan un porcentaje alto en fallas mecánicas y eléctricas. Este análisis también lo realizamos por el diagrama de Pareto donde consideraremos sólo las fallas mecánicas y eléctricas.

Para la construcción de la figura siguiente sólo se analizó las fallas mecánicas y eléctricas, debido a que son de mayor impacto. Esta figura también es consecuencia de la tabla 9. De la figura 21, las máquinas con mayor tiempo perdido por fallas mecánicas y eléctricas son la Llenadora, paletizadora, alimentador de tapas y termocontraible que representan el 80% de las paradas de la línea.

Figura 21. Análisis Pareto de los equipos con tipo de falla mecánica y eléctrica.



Nota: Fuente: Elaboración propia.

Al identificar a los equipos con mayor tiempo de fallas mecánicas y eléctricas se procedió al análisis de los mismos con el fin de encontrar las causas de sus fallas. En la siguiente parte de la investigación solo se analizó a los 4 equipos resultantes del análisis de Pareto.

- Llenadora de latas.
- Paletizadora.
- Alimentador de tapas.
- Termocontraible.

A continuación, el análisis de los equipos:

Análisis de Llenadora de latas:

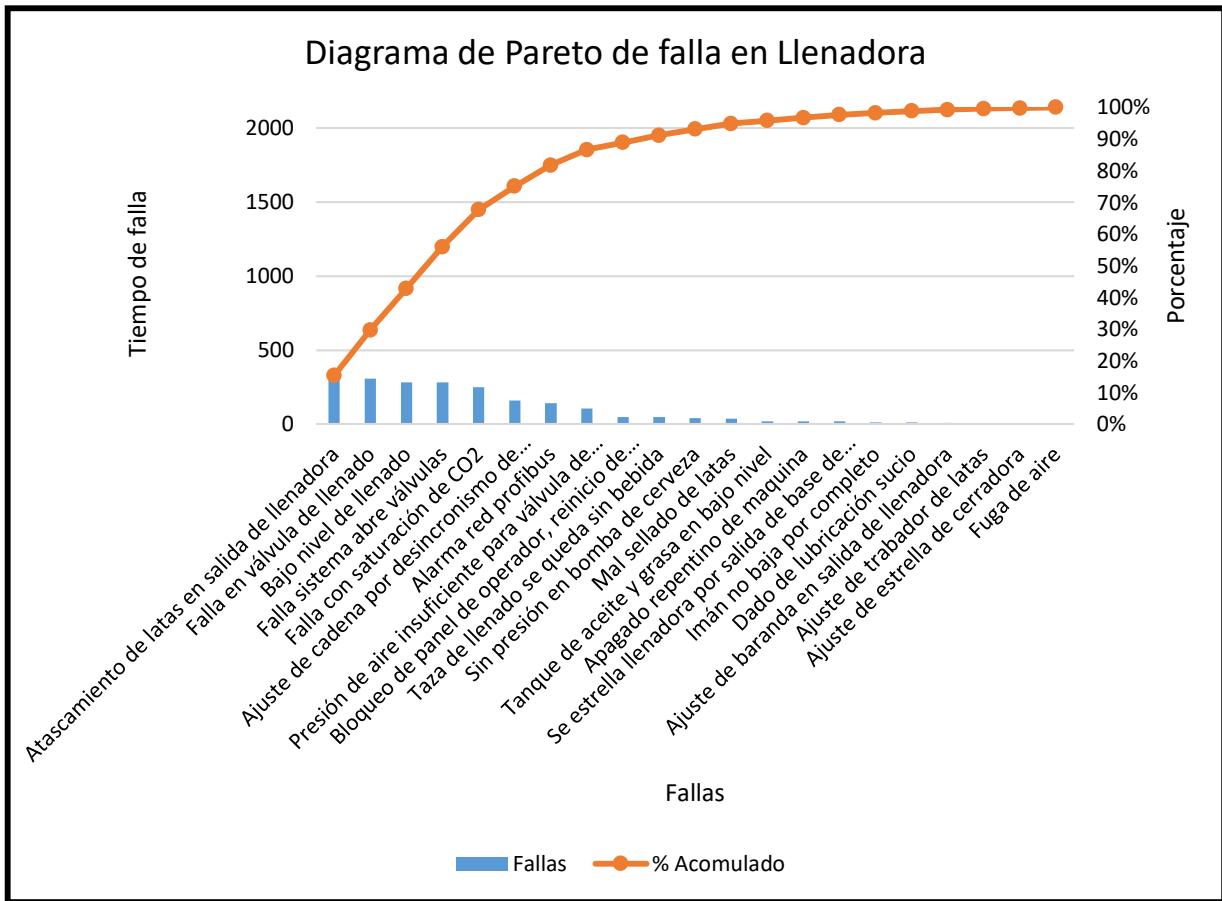
A continuación, se realiza un análisis Pareto para encontrar las fallas mecánicas y eléctricas más frecuentes de la máquina llenadora. Para el análisis Pareto presentamos la tabla 10, con detalles de las fallas mecánicas y eléctricas en el periodo agosto 2021 a enero 2022.

Tabla 10. Fallas mecánicas y eléctricas en la llenadora.

Problemas	Eléctrico		Mecánico		Tiem. total	TOTAL DE PAROS
	Tiempo de paro / min.	Cant. paros	Tiempo de paro / min.	Cant. paros		
Atascamiento de latas en salida de llenadora	10	2	318	16	328	18
Falla en válvula de llenado			308	17	308	17
Bajo nivel de llenado			282	13	282	13
Falla sistema abre válvulas	106	7	175	4	281	11
Falla con saturación de CO2			250	6	250	6
Ajuste de cadena por desincronismo de máquina			159	3	159	3
Alarma red profibus	141	7			141	7
Presión de aire insuficiente para válvula de llenado			105	3	105	3
Bloqueo de panel de operador, reinicio de panel	49	2			49	2
Taza de llenado se queda sin bebida	48	4			48	4
Sin presión en bomba de cerveza	42	2			42	2
Mal sellado de latas			38	3	38	3
Tanque de aceite y grasa en bajo nivel			20	2	20	2
Apagado repentino de máquina	20	2			20	2
Se estrella llenadora por salida de base de lata			20	1	20	1
Imán no baja por completo			12	2	12	2
Dado de lubricación sucio			12	1	12	1
Ajuste de baranda en salida de llenadora			10	1	10	1
Ajuste de trabador de latas			6	1	6	1
Ajuste de estrella de cerradora			5	1	5	1
Fuga de aire			4	1	4	1
Total General	416	26	1724	75	2140	101

Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 22. Diagrama Pareto de fallas en la llenadora.



Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

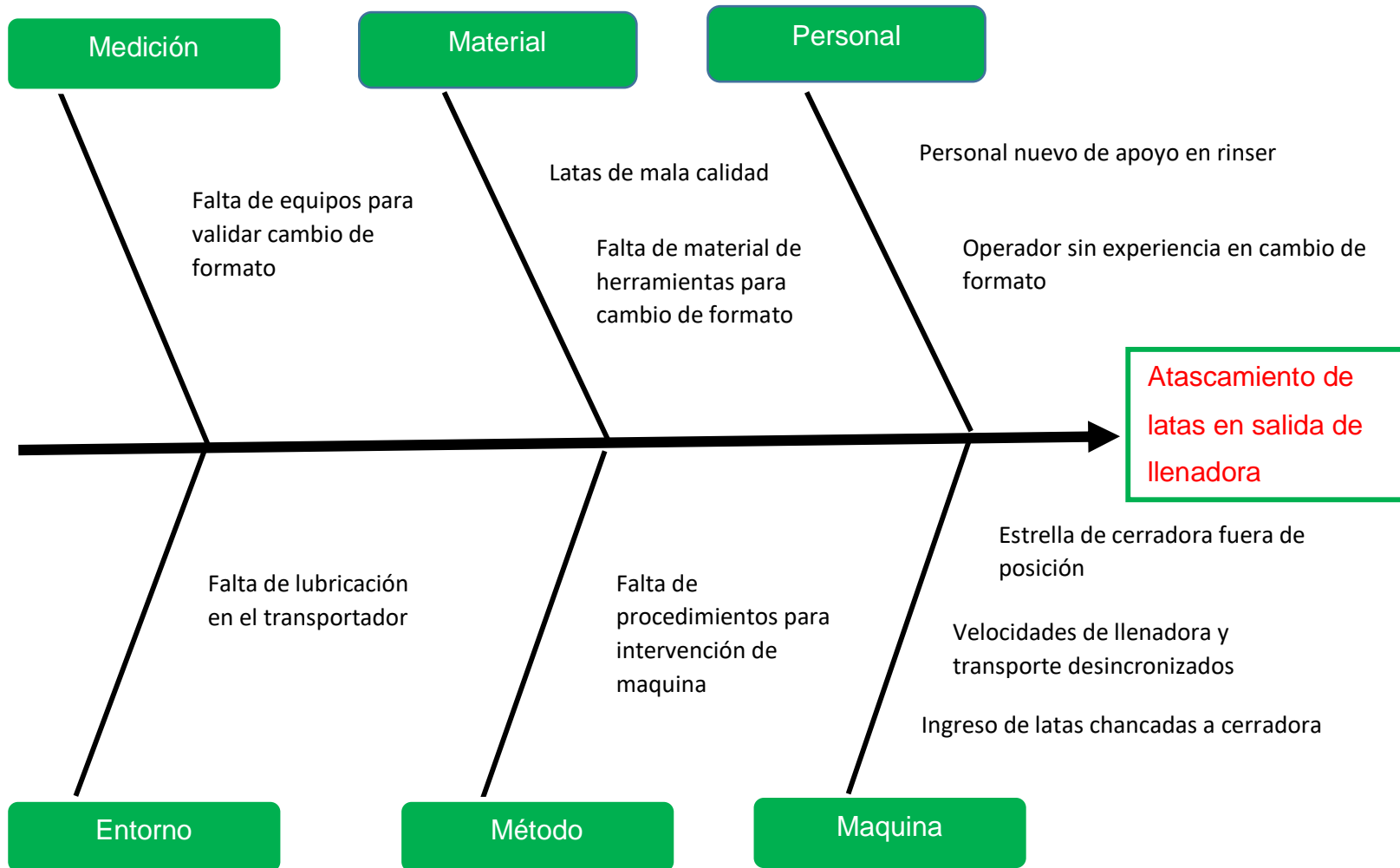
De la figura 21, se obtiene los siguientes resultados:

Las siguientes fallas representan el 75% en las paradas de la máquina.

- Atascamiento de latas en salida de llenadora.
- Falla en válvula de llenado.
- Bajo nivel de llenado.
- Falla sistema abre válvulas.
- Falla con saturación de CO2.
- Ajuste de cadena por desincronismo de máquina.

En la figura siguiente, realizamos el análisis mediante Ishikawa de las fallas presentadas por la llenadora durante su operación de producción.

Figura 23. Análisis de Ishikawa Llenadora



Nota: Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de Ishikawa de la falla con mayor ocurrencia y tiempo de falla, realizamos un diagnóstico con un equipo de mantenimiento y operadores de máquina. El equipo evaluador asignará valores desde 1 al 9 donde 1 es sin importancia y 9 muy importante, para esto utilizan sus conocimientos técnicos, experiencias y otros.

Equipo Evaluador:

Evaluador 1. Maintenance Lead

Evaluador 2. Engineering and Packaging Manager

Evaluador 3. Técnico de mantenimiento Mecánico / Eléctrico.

Evaluador 4. Técnico operador de máquina.

Donde los valores van desde 1 menos significativa a 9 de mayor importancia

Obteniendo como resultado la tabla siguiente:

Tabla 11. Análisis de valorización de las causas de Ishikawa de Atascamiento de latas

Causas	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4	Total
Medición					
Falta de equipos para validar cambio de formato	5	4	7	3	19
Material					
Latas de mala calidad	4	7	4	7	22
Falta de herramientas para cambio de formato	6	6	8	6	26
Personal					
Personal nuevo de apoyo en Rinser	3	2	3	4	12
Operador sin experiencia en cambio de formato	6	7	8	7	28
Entorno					
Falta de lubricación en el transportador	4	7	6	7	24
Método					
Falta de procedimientos para intervención de maquina	4	3	4	5	16
Máquina					
Estrella de cerradora fuera de posición	7	8	8	8	31
Velocidades de llenadora y transporte desincronizados	3	4	5	3	15
Ingreso de latas chancadas a cerradora	5	5	4	5	19

Nota: Fuente: *Elaboración propia*

Del análisis del equipo de evaluador se obtuvo que la falla con mayor importancia es “Estrella de cerradora fuera de posición” a continuación, realizamos un análisis de 5 porqués para determinar las sub – causas.

Porque 1. ¿Por qué la estrella de cerradora está fuera de posición?

Respuesta: Guías de estrella con juego axial.

Porque 2. ¿Por qué las guías de estrella tienen juego axial?

Respuesta: Pernos de ajuste flojos.

Porque 3. ¿Por qué los pernos de ajuste están flojos?

Respuesta: mal ajuste debido a que las cabezas de los pernos están desgastadas.

Porque 4. ¿Por qué las cabezas de los pernos presentan desgaste?

Respuesta: Pernos con fatiga.

Porque 5. ¿Por qué los pernos presentan fatiga?

Respuesta: No se cambiaron los pernos, por falta de programación.

Del análisis de los 5 porqués de la falla atascamiento de latas en la salida de llenadora encontramos como causa raíz la falta de programación de un mantenimiento preventivo de reemplazo de pernos. Haciendo notar la importancia dentro de la gestión del mantenimiento tener un plan de mantenimiento.

La tabla 12, muestra un resumen del análisis de Ishikawa y 5 porqués de cada una de las fallas de la llenadora que representan el 75% de las paradas de la máquina.

Tabla 12. Resumen de resultados de Análisis de Ishikawa y 5 porqués de Llenadora.

Equipo	Fallas	Resultados de Ishikawa	Resultados de 5 porqués
Llenadora	Atascamiento de latas en salida de llenadora.	Estrella de cerradora fuera de posición	No se cambiaron los pernos, por falta de programación.
	Falla en válvula de llenado.	Desgaste prematuro de repuestos.	Repuestos de fabricación nacional.
	Bajo nivel de llenado.	Cerveza con temperatura superior a 5°C	Alto índice de fallas.
	Falla sistema abre válvulas.	Sistema abre válvulas expuesto a altas temperaturas.	Sistema de ventilación inoperativo.
	Falla con saturación de CO2.	Exceso de presión de CO2.	Manómetros sin marcas de rango de valores aceptables.
	Ajuste de cadena por desincronismo de máquina.	Estrellamiento de la máquina.	Falta de ajustes de sensores.

Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

Finalmente, atacando a estas causas raíz del análisis de los 5 porqués tendremos una máquina con una mejor disponibilidad.

Análisis de Paletizadora:

La paletizadora es uno de los equipos que representa el 20% de las paradas de la línea de envasado. En la tabla 13, presentamos las fallas mecánicas y eléctricas que presentó el equipo en el periodo agosto 2021 a enero 2022.

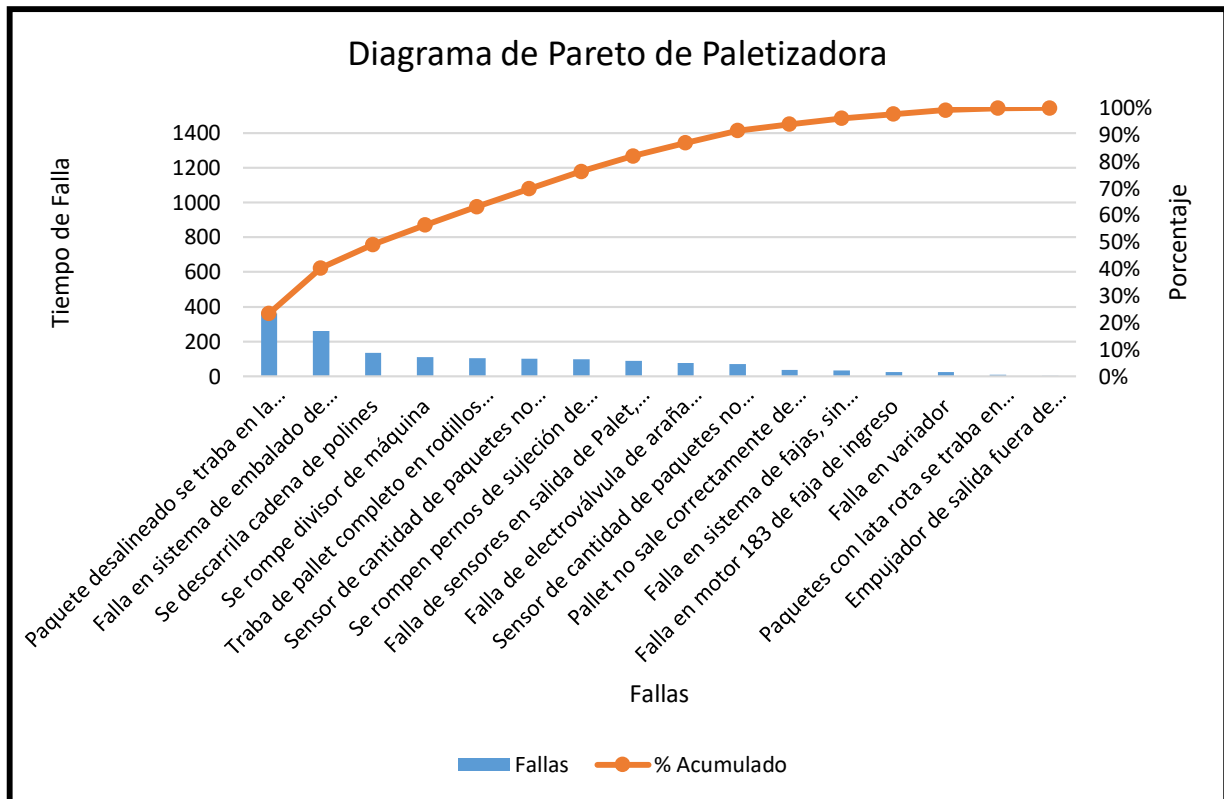
Tabla 13. Fallas mecánicas y eléctricas en Paletizadora.

Problemas	Eléctrico		Mecánico		Tiem total	TOTAL DE PAROS
	Tiempo de paro / min.	Cant. de paros	Tiempo de paro / min.	Cant. de paros		
Falla en sistema de embalado de pallets	262	16			262	16
Paquete desalineado se traba en la entrada a paletizadora	70	5	292	17	362	22
Se descarrila cadena de polines			135	3	135	3
Se rompe divisor de máquina			111	3	111	3
Traba de pallet completo en rodillos de salida			106	7	106	7
Sensor de cantidad de paquetes no desactiva y falla sistema de armado	103	3			103	3
Se rompen pernos de sujeción de reductor de cadena			99	3	99	3
Falla de sensores en salida de Pallet, ajuste manual	5	1	84	5	89	6
Falla de electroválvula de araña porta planchas	70	3	6	1	76	4
Sensor de cantidad de paquetes no desactiva y falla sistema de armado	70	6			70	6
Pallet no sale correctamente de máquina			37	2	37	2
Falla en sistema de fajas, sin secuencia	3	1	30	2	33	3
Falla en motor 183 de faja de ingreso	25	1			25	1
Falla en variador	24	4			24	4
Paquetes con lata rota se traba en entrada a máquina			10	3	10	3
Empujador de salida fuera de posición			1	29	1	29
Total General	632	40	911	75	1543	115

Nota: Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 13, se realiza el diagrama de Pareto de las fallas mecánicas y eléctricas de la paletizadora.

Figura 24. Diagrama Pareto de fallas en Paletizadora.



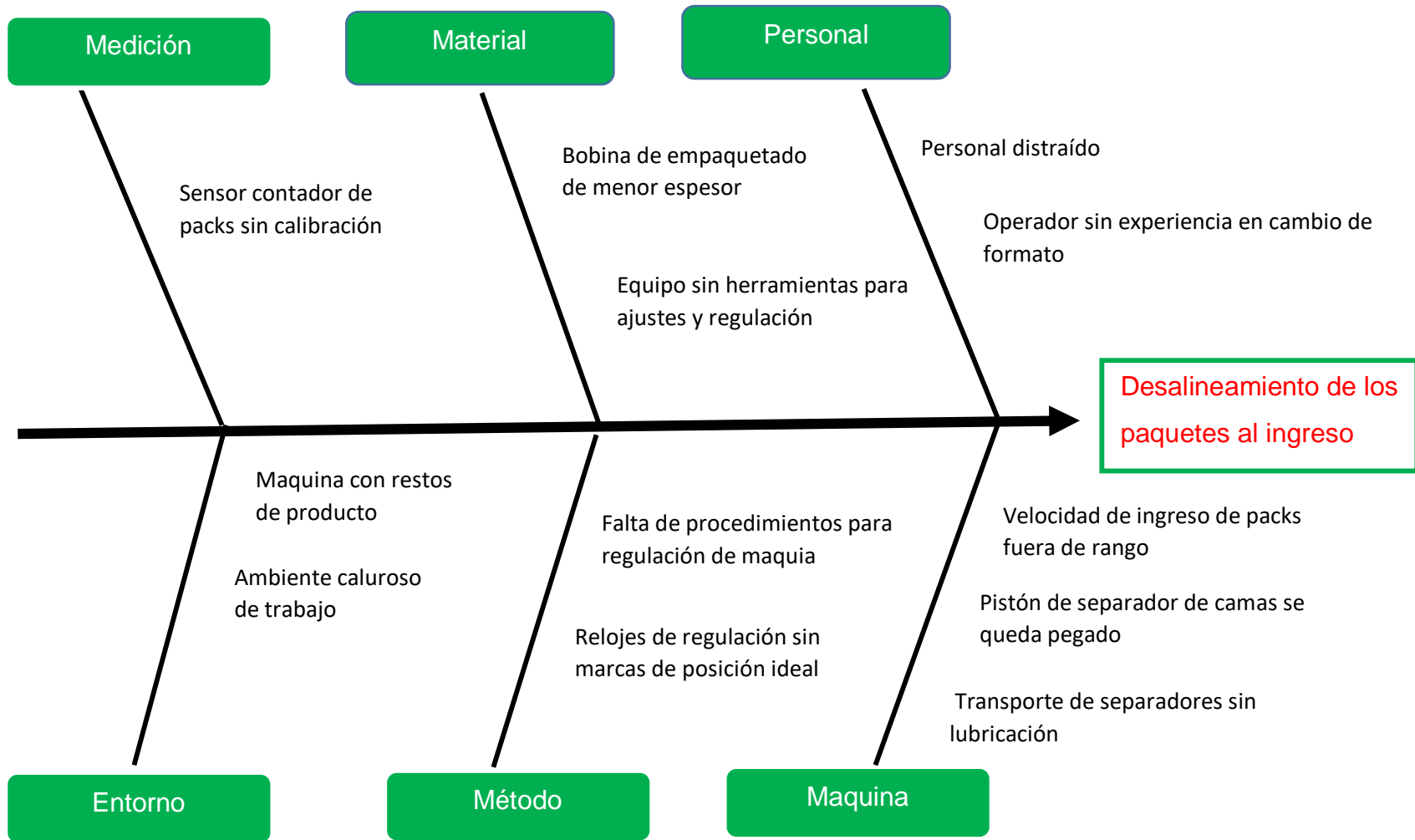
Nota: Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de Pareto se obtiene que las siguientes fallas representan el 76% del acumulado.

- Paquete desalineado se traba en la entrada a paletizadora.
- Falla en sistema de embalaje de pallets.
- Se descarrila cadena de polines.
- Se rompe el divisor de la máquina.
- Traba de pallet completo en rodillos de salida.
- Sensor de cantidad de paquetes no desactiva y falla sistema de armado.
- Se rompen los pernos de sujeción de reductor de cadena.

Analizaremos la falla de paquete desalineado mediante el análisis de Ishikawa.

Figura 25. Análisis de Ishikawa de Paletizadora



Nota: Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 14, se presenta una valorización de las posibles causas de la falla de desalineamiento de packs al ingreso a la máquina paletizadora. Esta falla representa el 30% del acumulado.

Tabla 14. Análisis de valorización de las causas de Ishikawa de desalineamiento de packs al ingreso a Paletizadora.

Causas	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4	Total
Medición					
Sensor contador de packs sin calibración.	4	5	4	4	17
Material					
Bobina de empaquetado de menor espesor.	3	5	4	5	17
Equipo sin herramientas para ajustes y regulación.	7	5	5	3	20
Personal					
Personal distraído.	3	4	3	6	16
Operador sin experiencia en cambio de formato.	6	6	5	5	22
Entorno					
Máquina con restos de producto.	5	4	7	8	24
Ambiente caluroso de trabajo.	4	3	1	4	12
Método					
Falta de procedimientos para regulación de máquina.	6	5	5	4	20
Relojes de regulación sin marcas de posición ideal.	5	7	5	6	23
Máquina					
Velocidad de ingreso de packs fuera de rango.	6	7	8	5	26
Pistón de separador de camas se queda pegado.	5	6	5	5	21
Transporte de separadores sin lubricación.	8	6	8	6	28

Nota: Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se desarrolla el análisis de 5 porque de: Transporte de separadores sin lubricación, con el objetivo de encontrar la causa raíz del problema.

Tabla 15. Preguntas y respuestas del análisis de 5 porque de Transportes de separadores sin lubricación.

Preguntas	Respuestas
¿Por qué el transporte de separadores está sin lubricación?	Operador sin conocimiento de puntos de lubricación
¿Por qué el operador no conoce los puntos de lubricación?	Operador sin capacitación en temas de mantenimiento preventivo
¿Por qué falta capacitación al operador?	No hay programación de capacitaciones
¿Por qué no hay programación de capacitaciones en mantenimiento?	Deficiente gestión de mantenimiento preventivo
¿Por qué hay deficiencia en la gestión del mantenimiento?	Personal técnico e ingeniería reducido de mantenimiento

Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

Obtenemos con una causa raíz que el equipo de mantenimiento no cuenta con el personal suficiente para capacitar a los operadores en temas de mantenimiento preventivo de su máquina. Contar con un equipo de colaboradores reducido también hace que no se puedan atender inmediatamente una falla por lo tanto impacta de manera directa en el indicador de MTTR.

Finalmente, en la tabla siguiente se presenta el resumen de los análisis de Ishikawa y 5 porque de las fallas de la paletizadora. Para el resumen de análisis se siguió los mismos procedimientos que el análisis anterior, el resumen fue elaborado por el equipo evaluador.

Tabla 16. Resumen de resultados de Análisis de Ishikawa y 5 porqués de Paletizadora.

Equipo	Falla	Resultados de Ishikawa	Resultados de 5 porqués
Paletizadora	Paquete desalineado se traba en la entrada a paletizadora.	Transporte de separadores sin lubricación	Equipo de mantenimiento sin personal suficiente
	Falla en sistema de embalado de pallets.	Ruptura constante de stretch film	Stretch film con déficit de calidad
	Se descarrila cadena de polines	Cadena sin tensión adecuada	Falta repuesto de cadenas
	Se rompe divisor de máquina	Pistón con fuga de aire	Desgaste prematuro de retenes
	Traba de pallet completo en rodillos de salida	Pallet con dimensiones superiores	Falta de inspección de tamaños de pallet
	Sensor de cantidad de paquetes no desactiva y falla sistema de armado	Sensores sin mantenimiento y falta de calibración	Falta de programación de mantenimiento preventivo eléctrico
	Se rompen pernos de sujeción de reductor de cadena	Fatiga de pernos	Tensión de cadena inadecuada

Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

Dentro de nuestros resultados de 5 porque tenemos causas de origen externo al mantenimiento como son por problemas en la calidad de los insumos como el caso de stretch film y también una causa por falta de personal. Estas causas deberán ser tratadas por las áreas correspondientes como calidad y recursos humanos.

Análisis de Alimentador de tapas

En la tabla presentamos el resumen de fallas mecánicas y eléctricas presentadas por la máquina desde agosto de 2021 hasta enero de 2022.

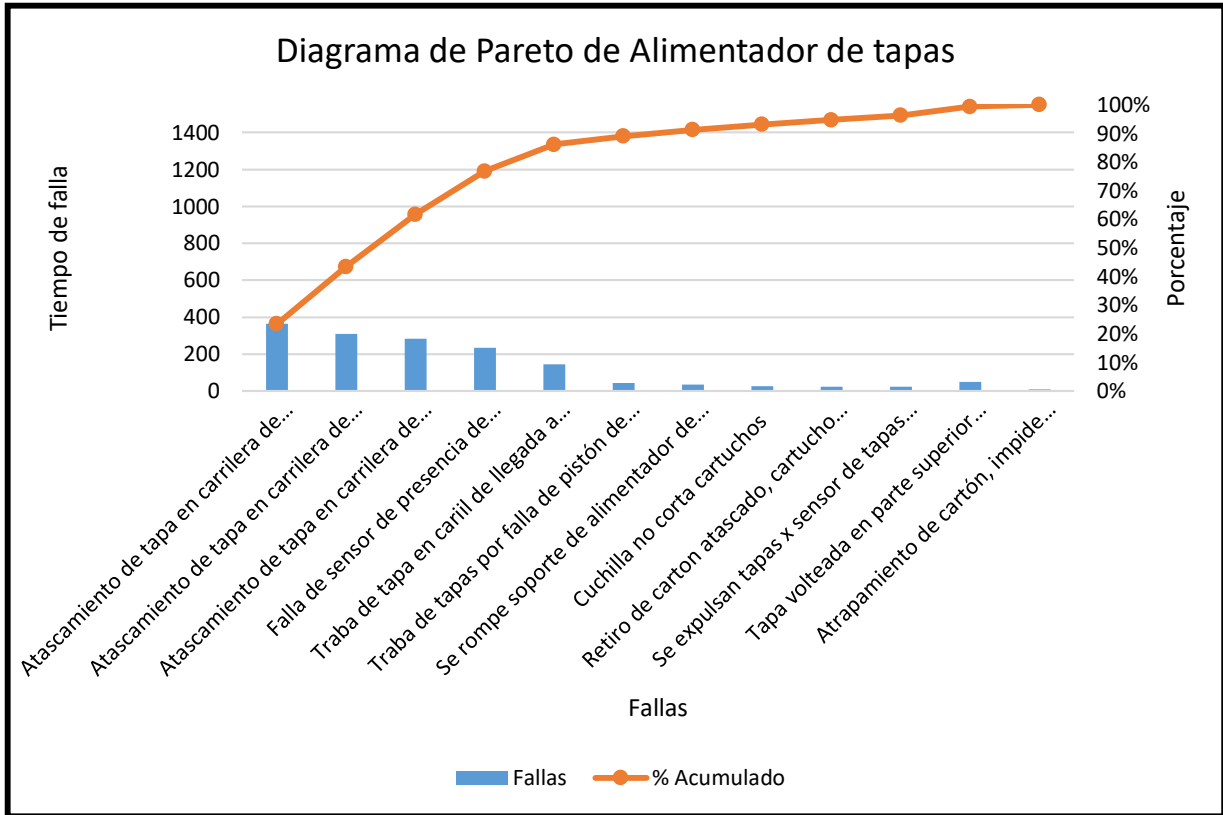
Tabla 17. Fallas mecánicas y eléctricas en Alimentador de tapas.

Problemas	Eléctrico		Mecánico		Tiem. total	TOTAL PARO
	Tiempo de paro / min.	Cant. paros	Tiempo de paro / min.	Cant. paros		
Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento	91	2	273	75	364	77
Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	150	10	161	21	311	31
Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona llegada a cerradora			284	31	284	31
Falla de sensor de presencia de cartuchos de tapas	201	7	34	3	235	10
Traba de tapa en carril de llegada a cerradora			144	9	144	9
Traba de tapas por falla de pistón de accionamiento	45	3			45	3
Se rompe soporte de alimentador de tapas			35	1	35	1
Cuchilla no corta cartuchos			28	1	28	1
Retiro de cartón atascado, cartucho de tapas			25	6	25	6
Se expulsan tapas x sensor de tapas invertidas	24	3			24	3
Tapa volteada en parte superior derecha, impide abastecimiento de tapas			49	5	49	5
Atrapamiento de cartón, impide proceso de abastecimiento de tapas			9	1	9	1
Total General	511	25	1042	153	1553	178

Nota: Fuente: Elaboración propia.

En la figura 25, se desarrolla un el análisis mediante el diagrama Pareto de las fallas mecánicas y eléctricas del alimentador de tapas.

Figura 26. Diagrama de Pareto de fallas en Alimentador de tapas.



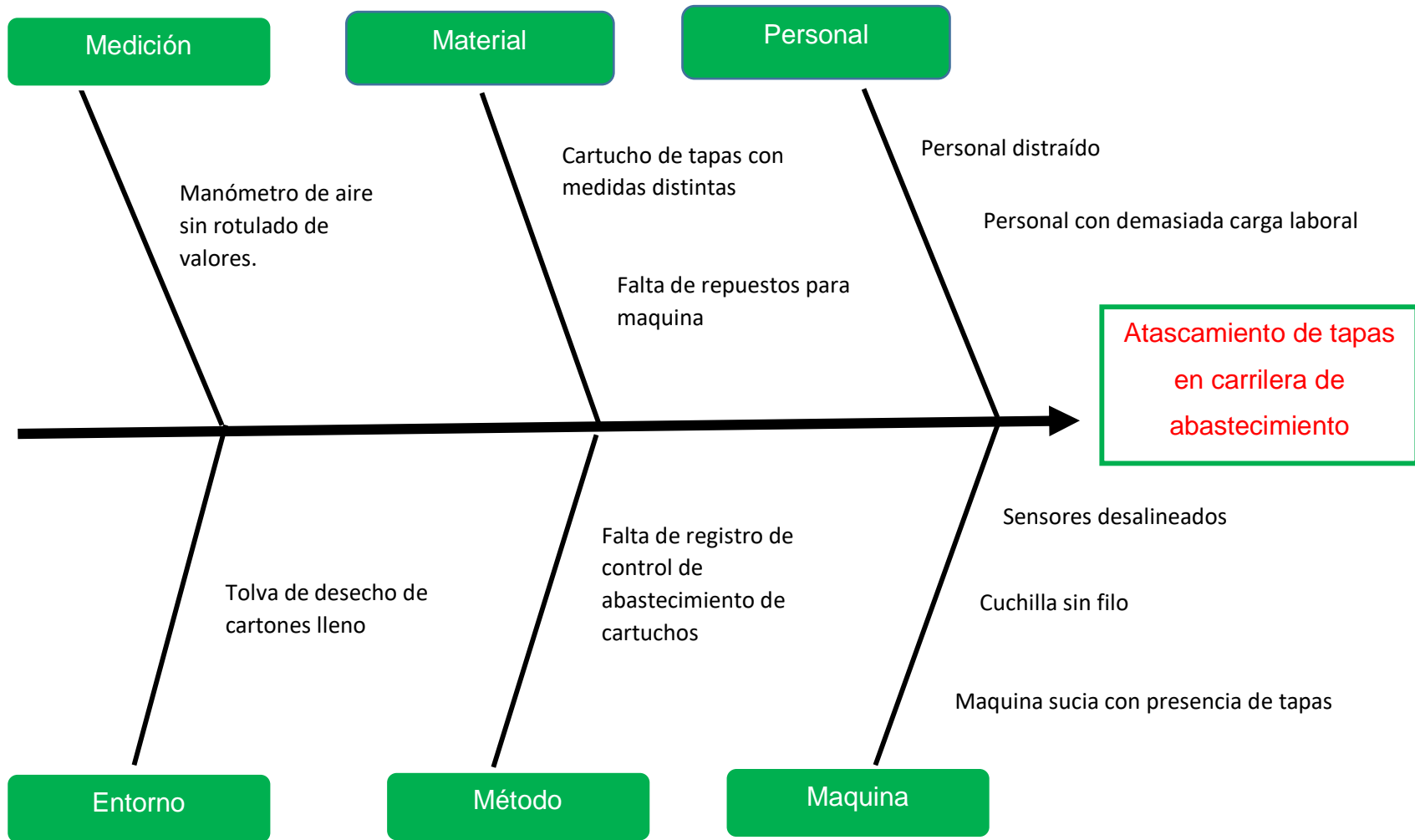
Nota: Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de Pareto obtenemos las siguientes fallas que representan el 77% del tiempo de falla del equipo.

- Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento
- Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media
- Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona llegada a cerradora
- Falla de sensor de presencia de cartuchos de tapas

Siguiendo la metodología de análisis procedemos con el diagrama de Ishikawa de la falla atascamiento de tapas en carrilera de abastecimiento.

Figura 27. Análisis de Ishikawa de Alimentador de Tapas.



Nota: Fuente: Elaboración propia.

De la figura 25, analizamos con el equipo evaluador las causas resultantes del diagrama de Ishikawa.

Tabla 18. Análisis de valorización de las causas de Ishikawa de Atascamiento de tapas en carrilera de abastecimiento.

Causas	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4	Total
Medición					
Manómetro de aire sin rotulado de valores	3	4	4	4	15
Material					
Cartucho de tapas con medidas distintas	5	4	6	4	19
Falta de repuestos para maquina	6	7	7	6	26
Personal					
Personal distraído	5	6	5	5	21
Personal con demasiada carga laboral	7	8	7	6	28
Entorno					
Tolva de desecho de cartones lleno	6	5	6	4	21
Método					
Falta de registro de control de abastecimiento de cartuchos	5	4	5	4	18
Máquina					
Sensores desalineados	8	7	8	8	31
Cuchilla sin filo	7	8	7	7	29
Máquina sucia con presencia de tapas	6	7	6	6	25

Nota: Fuente: Elaboración propia.

De la evaluación encontramos como una causa que los sensores están desalineados, entonces realizamos el análisis de los 5 porqués para encontrar la causa raíz.

Tabla 19. Preguntas y respuestas del análisis de 5 porque de sensores desalineados.

Preguntas	Respuestas
¿Por qué los sensores están desalineados?	Golpes fuertes al momento de subida de los cartuchos de tapas
¿Por qué hay fuertes golpes a la subida de cartuchos de tapas?	Pistón de subida sin regulación
¿Por qué no hay regulación de pistón?	Sensor de subida fuera de posición
¿Por qué el sensor de subida está fuera de posición?	Pernos de ajuste flojos
¿Por qué los pernos de ajustes están flojos?	Falta de cronograma de regulación y ajuste de sensores

Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

Tener los sensores sin regulación y ajustes trajo como consecuencia mucho tiempo de parada de la línea, del análisis de 5 porqués se concluye que la falta de un cronograma de ajustes y regulación de los sensores es la causa raíz. Con el diseño del plan de mantenimiento preventivo eliminaremos esta causa raíz debido a que una de las actividades de mantenimiento para el equipo será la inspección de los sensores.

El alimentador de tapas es un equipo que es operado por el llenador, este colaborador tiene bajo su responsabilidad las máquinas: llenadora, alimentador de tapas y warmer.

En la tabla 20. Se tiene los resultados de los análisis de Ishikawa y 5 porque que se desarrollaron para las fallas mecánicas y eléctricas del alimentador de tapas.

Tabla 20. Resumen de resultados de Análisis de Ishikawa y 5 porqués de alimentador de tapas.

Equipo	Falla	Resultados de Ishikawa	Resultados de 5 porqués
Alimentador de Tapas	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento	Sensores desalineados	Falta de cronograma de regulación y ajuste de sensores
	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	Pistón de regulación de presión con fuga de aire	Manguera de suministro de aire con demasiados empalmes
	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona llegada a cerradora	Presencia de tapas volteadas en carril de alimentación	Sensor de tapas volteadas fuera de servicio
	Falla de sensor de presencia de cartuchos de tapas	Conector de sensor con bornes desgastados	Conector acoplado de otro modelo de sensor

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Análisis de Termocontraible

Para el análisis de la máquina termocontraible presentamos en la tabla 21. Las fallas mecánicas y eléctricas presentadas en el periodo de agosto 2021 a enero 2022.

Tabla 21. Fallas mecánicas y eléctricas en Termocontraible.

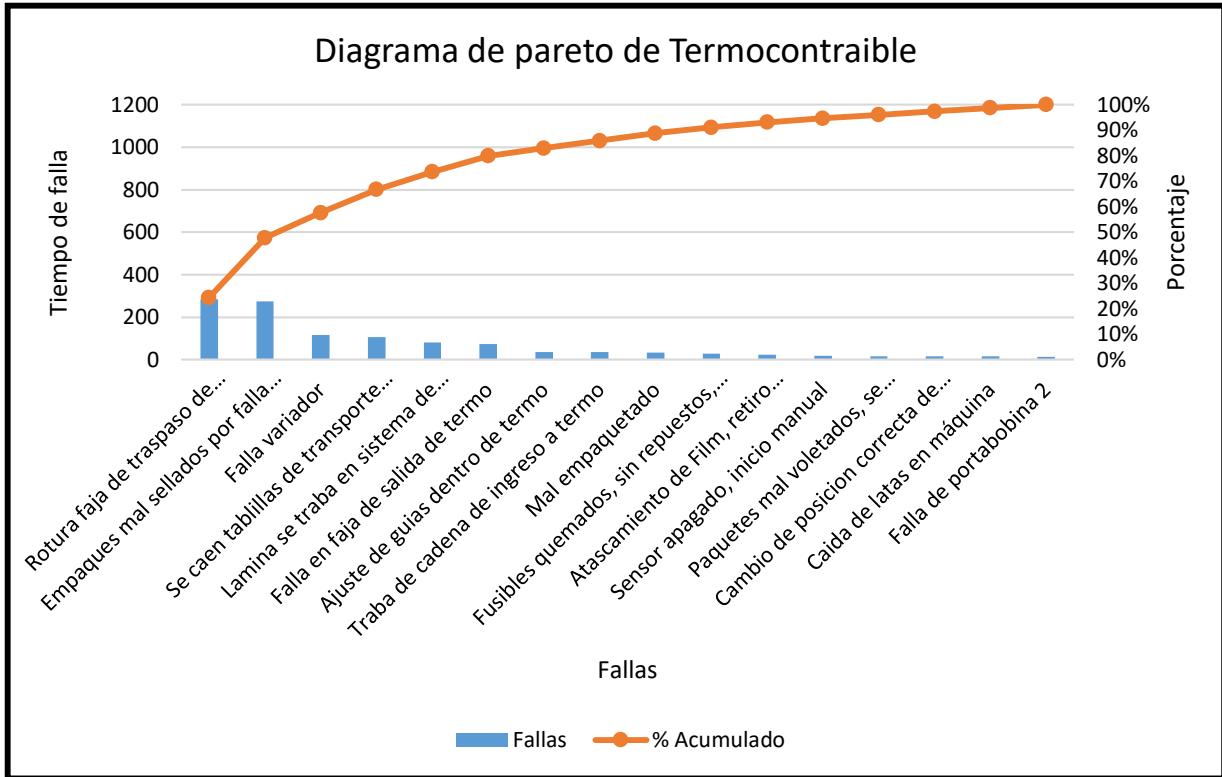
Problemas	Eléctrico		Mecánico		Tiem total	TOTAL DE PAROS
	Tiempo de paro / min.	Cant. de paro	Tiempo de paro / min.	Cant. de paro		
Rotura faja de traspaso de paquetes a horno			285	7	285	7
Empaques mal sellados por falla de horno	53	2	220	17	273	19
Falla variador	115	3			115	3
Se caen tablillas de transporte entrada a horno			107	3	107	3
Lámina se traba en sistema de subida	62	2	18	5	80	7
Falla en faja de salida de termo	74	3			74	3
Ajuste de guías dentro de termo			35	4	35	4
Traba de cadena de ingreso a termo			35	1	35	1
Mal empaquetado			34	4	34	4
Fusibles quemados, sin repuestos, se hace puente para subir temperatura del horno	27	2			27	2
Atascamiento de Film, retiro manual			23	3	23	3
Sensor apagado, inicio manual	18	2			18	2
Paquetes mal volteados, se procede a ajustar sistema de giro de paquetes.			16	4	16	4
Cambio de posición correcta de aire de la cuchilla			16	2	16	2
Caída de latas en máquina			16	2	16	2
Falla de porta bobina 2			14	4	14	4
Total General	349	14	819	56	1168	70

Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

De la tabla 21, se realiza el análisis mediante el método de Pareto para las fallas mecánicas y eléctricas de la máquina termocontraible.

En la figura 27, observamos el resultado del análisis de Pareto para la máquina, de las fallas presentadas a lo largo del periodo de estudio.

Figura 28. Análisis de Pareto de fallas mecánicas y eléctricas de Termocontraible.



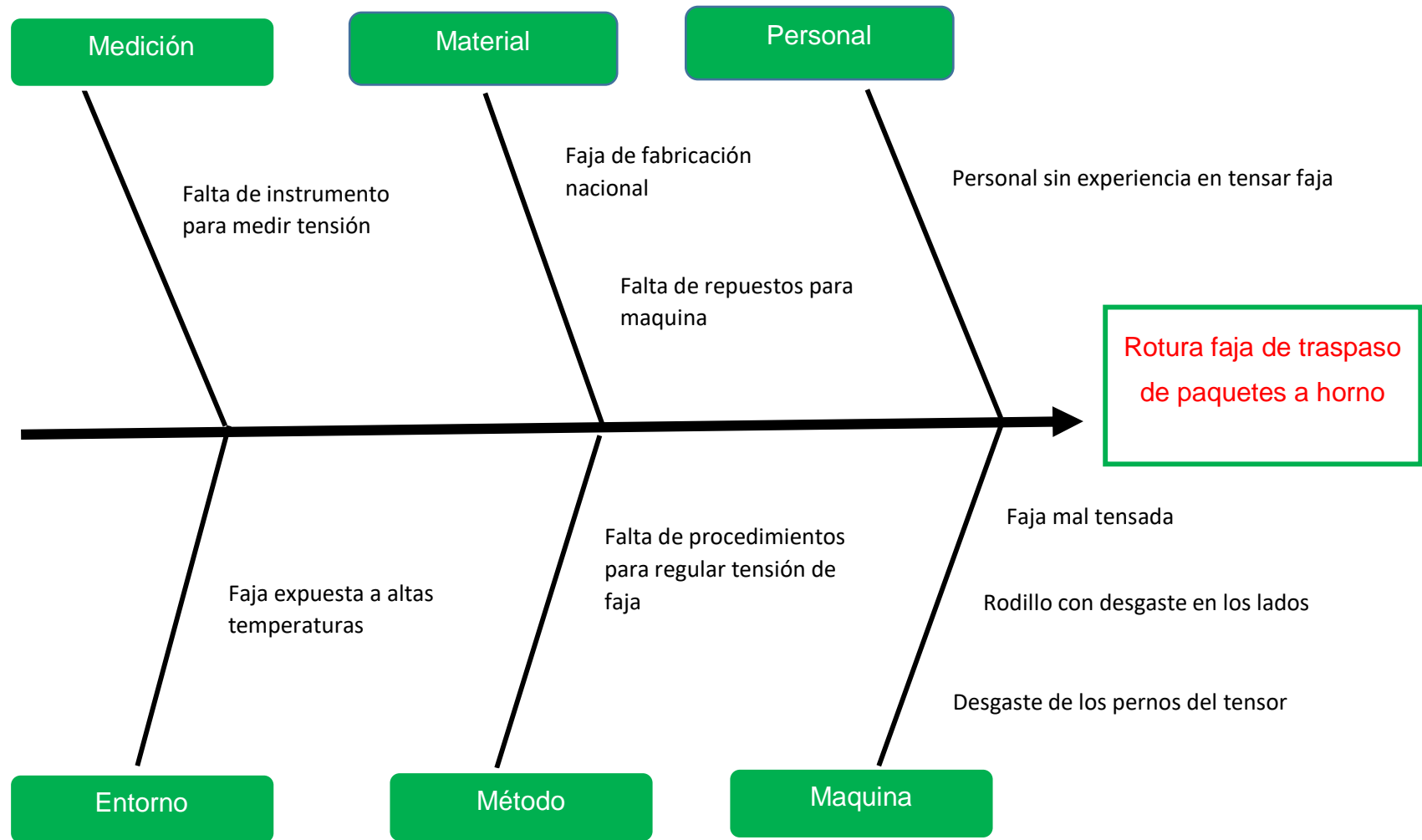
Nota: Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fallas representan el 80 % del acumulado:

- Rotura faja de traspaso de paquetes a horno.
- Empaques mal sellados por falla de horno.
- Falla variador.
- Se caen tablillas de transporte entrada a horno.
- Lámina se traba en sistema de subida.
- Falla en faja de salida de termo.

En la figura siguiente analizamos la falla “rotura de faja de traspaso de paquetes a horno” mediante el diagrama de Ishikawa.

Figura 29. Análisis de Ishikawa de Termocontraible.



Nota: Fuente: Elaboración propia.

El equipo evaluador procedió a evaluar las causas resultantes del análisis de Ishikawa.

Tabla 22. Análisis de valorización de las causas de Ishikawa de Rotura de faja de traspaso de paquetes a horno.

Causas	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4	Total
Medición					
Falta de instrumento para medir tensión	5	5	4	6	20
Material					
Faja de fabricación nacional	8	8	7	8	31
Falta de repuestos para maquina	7	6	7	7	27
Personal					
Personal sin experiencia en tensar faja	5	5	6	5	21
Entorno					
Faja expuesta a altas temperaturas	4	5	4	4	17
Método					
Falta de procedimientos para regular tensión de faja	3	6	5	5	19
Máquina					
Faja mal tensada	7	7	7	8	29
Rodillo con desgaste en los lados	7	6	7	8	28
Desgaste de los pernos del tensor	8	7	7	7	29

Nota: Fuente: Elaboración propia.

De la evaluación tenemos como resultado que la causa de la rotura de la faja es que la fabricación del repuesto es de origen nacional. A continuación, el análisis de los 5 porque para encontrar la causa raíz de la falla.

Tabla 23. Preguntas y respuestas del análisis de 5 porque de faja de fabricación nacional.

Preguntas	Respuestas
¿Por qué la faja es de fabricación nacional?	Stock de repuestos en almacén de fabricación nacional.
¿Por qué hay stock de repuestos de fabricación nacional?	Se compraron repuestos nacionales.
¿Por qué se compraron repuestos nacionales?	No se encuentran repuestos para la máquina por parte del fabricante
¿Por qué no hay repuestos originales?	Máquina fuera del mercado
¿Por qué la máquina está fuera del mercado?	Máquina con más de 20 años de fabricación

Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

El resultado de los 5 porqués nos indica que dentro de nuestras máquinas de la línea de envasado tenemos equipos que se encuentran desfasados en cuanto a tecnología, seguridad y otros. Encontrar los repuestos originales para los equipos será muy difícil por lo tanto la fabricación nacional de los repuestos es una solución inmediata.

La modernización de los equipos se puso en manifiesto en las reuniones con el equipo evaluador, pero como no es el objetivo de esta investigación se trasladó las conclusiones sobre ese punto a la gerencia de la empresa.

En la tabla 24, tenemos el resumen de los análisis de las fallas que representan el 80% del acumulado.

Tabla 24. Resumen de resultados de Análisis de Ishikawa y 5 porqués de Termocontraible.

Equipo	Falla	Resultados de Ishikawa	Resultados de 5 porqués
Termocontraible	Rotura faja de traspaso de paquetes a horno.	Faja de fabricación nacional	Máquina con más de 20 años de fabricación
	Empaques mal sellados por falla de horno.	Ventiladores internos del horno desalineados	Eje de ventilador con desgaste
	Falla variador	Falla en el sistema de enfriamiento	Falta de programación de mantenimiento
	Se caen tablillas de transporte entrada a horno	Soportes de tablillas con desgaste	Soporte acoplado a la máquina (fabricación local)
	Lámina se traba en sistema de subida	Cuchilla de corte con desgaste	Mala regulación de corte
	Falla en faja de salida de termo	Tensor de faja averiado	Falta de cambio de pernos de ajuste

Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

En tabla 25, se muestra el resumen de los resultados de los análisis de Ishikawa y 5 porque de las máquinas con fallas que inciden negativamente en la disponibilidad de la línea.

Tabla 25. Resumen del resultado del análisis de Ishikawa y 5 porqués.

Equipo	Fallas	Resultados de Ishikawa	Resultados de 5 porqués
Llenadora	Atascamiento de latas en salida de llenadora.	Estrella de cerradora fuera de posición	No se cambiaron los pernos, por falta de programación.
	Falla en válvula de llenado.	Desgaste prematuro de repuestos.	Repuestos de fabricación nacional.
	Bajo nivel de llenado.	Cerveza con temperatura superior a 5°C	Alto índice de fallas.
	Falla sistema abre válvulas.	Sistema abre válvulas expuesto a altas temperaturas.	Sistema de ventilación inoperativo.
	Falla con saturación de CO2.	Exceso de presión de CO2.	Manómetros sin marcas de rango de valores aceptables.
	Ajuste de cadena por desincronismo de máquina.	Estrellamiento de la máquina.	Falta de ajustes de sensores.
Paletizadora	Paquete desalineado se traba en la entrada a paletizadora.	Transporte de separadores sin lubricación	Equipo de mantenimiento sin personal suficiente
	Falla en sistema de embalaje de pallets.	Ruptura constante de stretch film	Stretch film con déficit de calidad
	Se descarrila cadena de polines	Cadena sin tensión adecuada	Falta repuesto de cadenas
	Se rompe divisor de máquina	Pistón con fuga de aire	Desgaste prematuro de retenes
	Traba de pallet completo en rodillos de salida	Pallet con dimensiones superiores	Falta de inspección de tamaños de pallet
	Sensor de cantidad de paquetes no desactiva y falla sistema de armado	Sensores sin mantenimiento y falta de calibración	Falta de programación de mantenimiento preventivo eléctrico
	Se rompen pernos de sujeción de reductor de cadena	Fatiga de pernos	Tensión de cadena inadecuada

Alimentador de Tapas	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento	Sensores desalineados	Falta de cronograma de regulación y ajuste de sensores
	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	Pistón de regulación de presión con fuga de aire	Manguera de suministro de aire con demasiados empalmes
	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona llegada a cerradora	Presencia de tapas volteadas en carril de alimentación	Sensor de tapas volteadas fuera de servicio
	Falla de sensor de presencia de cartuchos de tapas	Conector de sensor con bornes desgastados	Conector acoplado de otro modelo de sensor
Termocontraible	Rotura faja de traspaso de paquetes a horno.	Faja de fabricación nacional	Máquina con más de 20 años de fabricación
	Empaques mal sellados por falla de horno.	Ventiladores internos del horno desalineados	Eje de ventilador con desgaste
	Falla variador	Falla en el sistema de enfriamiento	Falta de programación de mantenimiento
	Se caen tablillas de transporte entrada a horno	Soportes de tablillas con desgaste	Soporte acoplado a la máquina (fabricación local)
	Lámina se traba en sistema de subida	Cuchilla de corte con desgaste	Mala regulación de corte
	Falla en faja de salida de termo	Tensor de faja averiado	Falta de cambio de pernos de ajuste

Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

Algunos de los resultados obtenidos son de ejecución inmediata, por lo tanto, este resumen de resultados fue elevado al área de mantenimiento para solucionar algunas de las causas encontradas.

4.3 Determinar las causas de los modos de falla mediante la metodología del RCM.

Para el análisis de los modos de fallas se desarrolló un cuestionario siguiendo las 5 primeras preguntas del RCM. Este cuestionario nos permitió definir las funciones, fallas funcionales y los modos de falla, las preguntas del cuestionario fueron aplicadas a los supervisores, técnicos de mantenimiento y operarios de producción. Cuestionario de análisis de Modos de Falla (Ver anexo: 11)

En esta parte del análisis del trabajo de investigación se continuó con el mismo equipo evaluador, para garantizar la continuidad de los criterios y experiencia en el análisis.

Equipo Evaluador:

Evaluador 1. Maintenance Lead

Evaluador 2. Engineering and Packaging Manager

Evaluador 3. Técnico de mantenimiento Mecánico / Eléctrico.

Evaluador 4. Técnico operador de máquina.

Como ejemplo usamos las respuestas del cuestionario para la máquina Llenadora.

Para la llenadora se realizó el cuestionario a cuatro colaboradores, a los dos operadores de la máquina, a un técnico mecánico de mantenimiento y al supervisor de mantenimiento. Luego se procedió a realizar el análisis mediante el equipo evaluador. Obteniendo las respuestas y resultados descritas a continuación:

Pregunta 1. ¿Cuáles son las funciones y los niveles de rendimiento del equipo?

Respuesta 1: Llenado de latas a un nivel adecuado.

Respuesta 2: Llenado y cerrado de latas.

Respuesta 3. Llenado de latas a 3600 latas por hora.

Respuesta 4. Llenado del producto con niveles de CO₂, Oxígeno de acuerdo con calidad.

Funciones de la máquina: Podemos ver que la máquina es la encargada del llenado y cerrado del producto, también que tiene una capacidad de funcionamiento óptimo finalmente el control de parámetros de calidad en CO₂ y Oxígeno se pueden ver afectados ante una falla del equipo. Estas funciones descritas por los colaboradores son compatibles con las características del equipo descritas en el artículo 4.1.2. Entonces se concluye que las funciones de la llenadora de latas son:

- Llenar latas con un nivel adecuado a razón de 3600 lph.
- Cerrado de latas.

Pregunta 2. ¿Cómo puede fallar el equipo en su función?

Respuesta 1. Latas con bajo nivel de llenado.

Respuesta 2. Máquina sin movimiento.

Respuesta 3. Velocidad de llenado menor a 3600.

Respuesta 4. Niveles de CO₂ y Oxígeno fuera de rango.

Las fallas funcionales son consecuencia de poder cumplir con la función encargada a la máquina de las funciones establecidas para la llenadora y de las respuestas se concluye que las fallas funcionales son:

Función: Llenar latas con un nivel adecuado a razón de 3600 lph.

Falla funcional:

- Llenado de latas con bajo nivel.
- Velocidad de llenado menor a 3600 lph.

Función: Cerrado de latas.

Falla funcional:

- Latas sin cerrado.

Pregunta 3. ¿Cuáles son los modos de falla más frecuentes?

Respuesta 1. Taza de llenadora se queda sin producto, atascamiento de latas y válvula de llenado con fuga.

Respuesta 2. Falla de tablero eléctrico, alarma en variador, sensor de presencia de latas movidas y baja presión de aire.

Respuesta 3. Tapas atascadas en cerradora, pistón de alimentación de tapas sin señal, fuga de aire por mangueras.

Respuesta 4. Cable de comunicación entre plc y pantalla desconectada, pistón para abrir válvula de llenado se queda pegado, transporte entre llenadora y cerradora desincronizados.

Pregunta 4. ¿Cuáles son las causas de cada modo de fallo?

Respuesta 1. Latas con nivel bajo (merma).

Respuesta 2. Parada de máquina.

Respuesta 3. Latas sin tapas o mal tapadas (merma)

Respuesta 4. Parada de máquina, latas con rayones (producto fuera de parámetros de calidad).

Pregunta 5. ¿Cuáles son las consecuencias de cada modo de fallo?

Respuesta 1. Alto índice de mermas.

Respuesta 2. Incumplimiento del plan de producción.

Respuesta 3. Consumo mayor de insumos (latas y tapas).

Respuesta 4. Productos con deficiencia de calidad.

De la pregunta 3 y de las fallas del reporte de reporte de paradas de máquinas (anexo 5 al anexo 10) se determina los modos de fallas, las preguntas 4 y 5 no brindan información de cómo afecta esta falla a la máquina, al producto, a los objetivos de la empresa, etc. Entonces el equipo evaluador tiene estas consideraciones para determinar si es un modo de falla que se debe eliminar o minimizar con las actividades de mantenimiento.

Las preguntas 6 y 7. Son detallados en el punto 4.4. Debido a que las respuestas obtenidas del cuestionario ayudaron a elaborar las actividades de mantenimiento preventivo, la periodicidad de estas actividades y el tiempo de ejecución.

El resultado del análisis llevó a la elaboración de las tablas de modos de falla, a continuación, se presenta el consolidado de los resultados para las máquinas:

Tabla 26. Análisis de modos de falla de llenadora de latas.

RCM Hoja de Información	Máquina: Llenadora de latas	
Función	Falla funcional (pérdida de función)	Modo de falla (causa de falla)
Llenar latas con un nivel adecuado a razón de 3600 lph.	Velocidad de llenado menor a 3600 lph	Terminales eléctricos sin ajuste adecuado
		Sensores desalineados
		Falla en variador de velocidad
		Anillos rozantes sin mantenimiento
		Falla en motores eléctricos
		Falta de presión en cilindros elevadores
	Llenado de latas con bajo nivel.	Puntos de lubricación sin lubricante
		Modulador averiado
		Fuga de líquido en distribuidor central
		Fuga de aire en válvulas
		Válvula de llenado sin presión
		Caja de mando desalineado
		Ejes cardanicos sin lubricante
		Tanque de llenadora sin mantenimiento
Falla en moto reductor principal		
Cerrado de latas	Atasco de tapas	Columnas atascadas
		Cadenas de sincronizadas
		Tapas atascadas en disco

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 26, muestra el resultado del análisis de modos de falla para la llenadora, la función fue definida por las respuestas de la pregunta 1 y las características de la máquina. Las fallas funcionales son el resultado del análisis de las respuestas de la pregunta 2 y los modos de falla de la pregunta 3 considerando las respuestas de las preguntas 4 y 5 que hacen referencia a las causas y efectos cuando se produce este modo de falla.

Para el análisis de las demás máquinas de la línea de envasado se siguió el mismo procedimiento de análisis de respuestas de los cuestionarios, características de los equipos y reporte de paradas de máquina. En las siguientes tablas se presentan los resultados de estos análisis.

Tabla 27. Análisis de modos de falla de depaletizadora.

RCM Hoja de Información	Máquina: Depaletizadora	
Función	Falla funcional (pérdida de función)	Modo de falla (causa de falla)
Despaletizar pallets a 42000 lph	Velocidad de despaletizado 0 lph	Fugas de aire del sistema neumático
		Activación constante de termo magnéticos
		Sensores desalineados y sucios
		Falta de lubricación
		Falla en motores eléctricos
		Cajas reductoras sin aceite
		Falla en el sistema quita cartón
		Atascamiento de cadenas
		Falla en variador

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27, es el resultado de los modos de falla para la máquina depaletizadora. Se definió una función de la máquina y una sola falla funcional debido a que su velocidad de operación no es variable.

Tabla 28. Análisis de modos de falla de alimentador de tapas.

RCM Hoja de Información	Máquina: Alimentador de tapas	
Función	Falla funcional (pérdida de función)	Modo de falla (causa de falla)
Alimentar tapas a llenadora a razón de 1500 tapas por minuto	No llegan tapas a llenadora	Cables eléctricos sin un buen contacto
		Sensores desalineados y sucios
		Falta de aceite lubricante
		Sin movimiento elevador de rollo
		Falta de mantenimiento mecánico
		Atascamiento de tapas en el carril de alimentación
		Tapas volteadas en el sistema

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 28, es el resultado del análisis para la máquina alimentador de tapas, de acuerdo a la figura 21 el equipo resultó uno de los equipos con mayor tiempo de parada representando un 20% de paradas, por lo cual aparte de los modos de falla se considerará el análisis de Ishikawa y la técnica de 5 porqués para establecer las actividades preventivas.

Tabla 29. Análisis de modos de falla de Warmer.

RCM Hoja de Información	Máquina: Warmer	
Función	Falla funcional (pérdida de función)	Modo de falla (causa de falla)
Calentar las latas a temperatura ambiente	Latas con temperatura menor al de ambiente	Falla en termomagnéticos
		Falla en bomba principal de agua
		Fuga de agua del tanque
		Falta de vapor en el sistema
		Falla del sistema de vapor
Transportar las latas a su interior y exterior	Transporte parado	Cadenas sin movimiento
		Sensores desalineados y sucios
		Motores eléctricos sin funcionamiento
		Falta de aceite lubricante

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29, es el resultado del análisis para la Warmer, esta máquina no cuenta con un operador. Por lo tanto, el cuestionario fue aplicado a los operadores que sus puestos de trabajo se encuentren cerca del equipo. En nuestro caso fue aplicado a los operadores de la Llenadora, se define dos funciones y una falla funcional para cada función. La Warmer es uno de los equipos de menor tiempo de parada debido a que solo es operado al inicio de producción y al finalizar.

Tabla 30. Análisis de modos de falla de termocontraible.

RCM Hoja de Información	Máquina: Empacadora SMI	
Función	Falla funcional (pérdida de función)	Modo de falla (causa de falla)
Empacar 6600 paquetes por hora	Empacar menos de 6600 paquetes por hora	Sensores desalineados y sucios
		Falla en termomagnéticos
		Fuga de aire, pérdida de presión
		Calentamiento de motores eléctricos
		Piñones desgastados
		Falta de lubricación
		Mesa de traspaso desalineado
		Porta bobina no gira
		Rodillos sucios de sistema de corte
		Restos de latas atascadas en transportes
Calentar a 170° C	Temperatura inferior a 170°C	Resistencias de horno rotas
		Flujo de aire caliente incorrecto

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 30, es el resultado para la termocontraible, este equipo presenta dos partes bien definidas como la empacadora y el horno. Es por eso que presenta dos funciones y dos fallas funcionales. De acuerdo con la figura 21, esta máquina representa un 15% de las paradas de la línea por lo cual también se realizó los análisis de Ishikawa y la

técnica de 5 porqués para determinar la causa raíz de las fallas más frecuentes. Para determinar las actividades de mantenimiento se consideró los resultados de los análisis anteriores y los modos de falla.

Tabla 31. Análisis de modos de falla de paletizadora.

RCM Hoja de Información	Máquina: Paletizadora	
Función	Falla funcional (perdida de función)	Modo de falla (causa de falla)
Politizar a 7000 paquetes por hora	Paletizar a menos de 7000 paquetes por hora	Fugas de aire
		Falla en termomagnéticos
		Sensores descalibrados y sucios
		Falta de lubricación
		Falla en motores eléctricos
		Polines sucios
		Parada de araña pone cartón
		Falla en variadores de velocidades
Envolver los pallets con stretch film	No envolver los pallets	Rotura constante de stretch film
		Pinza neumática de agarre de stretch film con fuga de aire
		Sensores de presencia de pallets desalineados o sucios
		Variador de velocidad con alarma de falla

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 31, presentamos el resultado de los modos de falla para la Paletizadora, esta máquina tiene dos partes la paletizadora y la robopack. La paletizadora tiene la función de armar los pallets mientras que la robopack es la encargada de envolver con stretch film los pallets. El cuestionario fue aplicado al operador de la máquina y al operador de la termocontraible debido cuando hay una falla en la robopack el operador de la termocontraible es el que inicialmente acude a restablecer el funcionamiento porque es el que está más cerca del equipo. Con esta consideración se garantiza respuestas objetivas.

Tabla 32. *Análisis de modo de fallas de transporte de latas.*

RCM Hoja de Información	Máquina: Transporte de latas	
Función	Falla funcional (pérdida de función)	Modo de falla (causa de falla)
Transportar latas vacías/llenas y paquetes de producto terminado	Parada de transporte	Sensores desalineados y sucios
		Falla en variadores de velocidad
		Piñones de cadenas rotas
		Atascamiento de paquetes en guías
		Motores eléctricos sin movimiento

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 32, se presenta el resultado para los transportes, en la línea de latas se tiene 6 zonas de transporte, integradas a un solo tablero de control por lo cual el análisis se hizo de manera global.

4.4 Establecer las actividades de mantenimiento preventivo y su registro en los formatos de control.

Como parte del análisis, se revisó lo que se llama actividades o tareas de mantenimiento. Para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo se tendrán actividades del tipo: Inspección, conservación y reparación.

Inspección: Buscamos definir el estado real de las máquinas.

- Sensoriales
- Instrumentales

Conservación: Conserva el estado teórico (Cumplimiento de la función de la máquina)

- Limpieza
- Lubricación
- Ajustes

Reparación: Recupera el estado teórico.

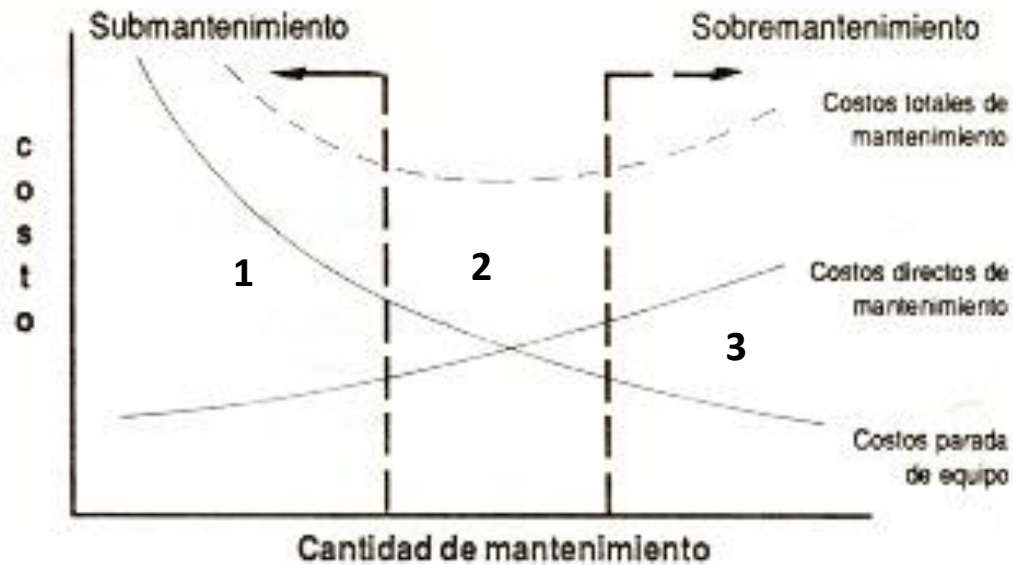
- Planificada
- No planificada

La frecuencia de una actividad de mantenimiento es muy importante, para nuestra investigación se considera tres tipos de frecuencia:

- Frecuencia Corta: Actividades mensuales y bimestrales.
- Frecuencia correcta: Actividades trimestrales.
- Frecuencia larga: Actividades semestrales y anuales.

Para determinar la frecuencia de una actividad se usó el análisis de la figura 30. En la figura se tiene una comparación de costos de mantenimiento y costos de parada de producción por la actividad de mantenimiento con relación a la cantidad de mantenimiento. Las tareas de mantenimiento que resultaron del análisis son actividades de bajo costo en su ejecución y el tiempo de parada será el menor posible.

Figura 30. Frecuencia del mantenimiento.



Nota: Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA" y la Federación Colombiana de Industrias Metálicas "FEDEMETAL".

En la figura 30, se observa tres zonas 1, 2 y 3 estas zonas tienen las siguientes características:

Zona 1. Aquí se ubican las actividades de mantenimiento de mayor duración de tiempo en ejecutarlas con lo cual causa un alto costo de paradas de producción.

Estas actividades son: Ajustes y reparación.

Aquí tendremos actividades con frecuencia larga.

- Semestrales
- Anuales

Zona 2. Tenemos actividades de un tiempo de ejecución moderado y es necesario parar la producción. En esta zona están las actividades de conservación y reparaciones menores.

Aquí están las actividades de frecuencia correcta.

- Trimestrales

Zona 3. Estarán actividades de menor tiempo de ejecución y las actividades de menor tiempo de parada de producción. Por lo general aquí están las inspecciones, limpieza y lubricación.

Aquí tenemos las actividades de frecuencia corta.

- Mensuales
- Bimestrales

Entonces, continuamos con el análisis de la llenadora. Para determinar las actividades analizamos las respuestas de la pregunta 6 y 7.

Pregunta 6. ¿Qué se puede/debe hacer para prevenir los fallos?

Respuesta 1. Lubricar y dosificar los puntos de lubricación, mantenimiento a los sistemas eléctricos como motores, tableros y variadores.

Respuesta 2. Reubicar, limpieza y calibración de sensores, cambio de pernos de ajuste de transporte.

Respuesta 3. Mantenimiento al sistema de aire comprimido, mantenimiento a moduladores de CO2 y cerveza.

Respuesta 4. Cambio de kit de válvula de llenado.

Pregunta 7. ¿Qué hacer si la prevención falla?

Respuesta 1. Implementar un programa de mantenimiento.

Respuesta 2. Revisar la frecuencia de los mantenimientos.

Respuesta 3. Designar a un responsable del control de las actividades preventivas.

Respuesta 4. Implementar el mantenimiento autónomo.

De acuerdo con lo definido como actividad de mantenimiento se determina de las respuestas de la pregunta 6 las actividades:

Como ejemplo analizaremos la Respuesta 4. Cambio de kit de válvula de llenado. de la pregunta 6.

Actividad: Inspección, mantenimiento a válvulas de llenado.

Tipo de Actividad: Reparación.

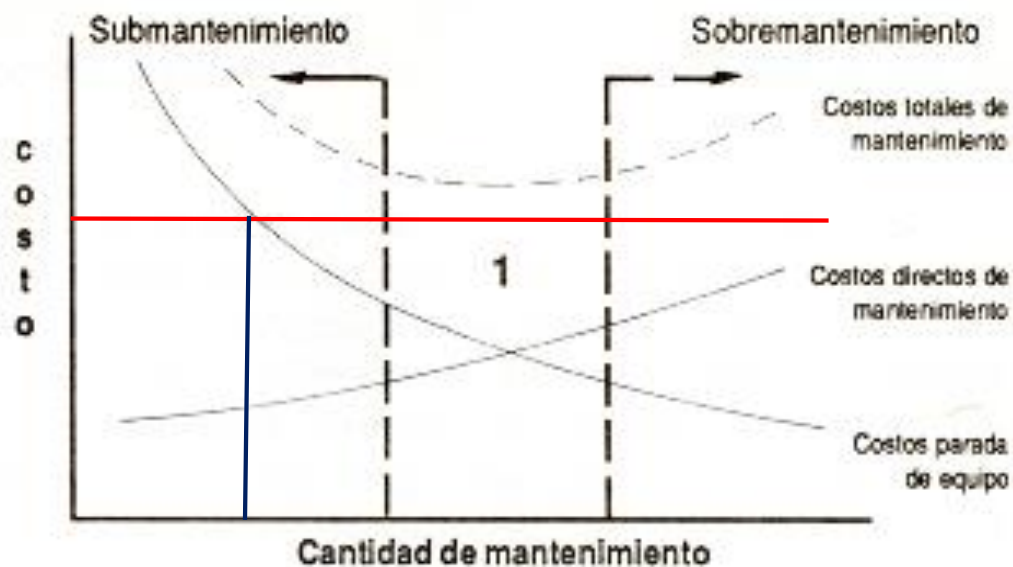
Tiempo de horas hombre (HH): 8 horas hombre.

Recursos: Mano de obra, kit de repuestos.

Condición de operación de la máquina: Máquina parada.

Con estas consideraciones ubicamos la zona donde se encuentra esta actividad, para definir su frecuencia. Ingresamos con la variable costo, el costo son de los recursos que con un análisis en base a la experiencia del equipo evaluador el costo de los recursos es alto. Trazamos una línea paralela a cantidad de mantenimiento, se observa que corta a la curva de costos paradas de equipo. Desde ese punto trazamos una recta paralela a costos, por lo tanto, la actividad se encuentra en la zona 1. Donde la frecuencia o cantidad de mantenimiento es menor.

Figura 31. Ejemplo de determinación de frecuencia de una actividad preventiva.



Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

Entonces el equipo evaluador concluye que para el desarrollo de la actividad necesariamente el equipo tiene que parar la producción. Finalmente, de acuerdo con la duración del repuesto el periodo de la actividad será semestral (cada 6 meses).

Resumen del análisis:

Nº	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO	HH	PERIODO	
13	Inspección, mantenimiento a válvulas de llenado	Mecánico	8	SE	6

Todos los análisis de las actividades fueron realizados por el equipo evaluador. Considerando sus propios criterios y experiencia.

A continuación, se presentan los cuadros para cada máquina de la línea de envasado con las actividades de mantenimiento, el tipo de mantenimiento, horas hombre (HH) y la frecuencia en periodos.

Tabla 33. Actividades de mantenimiento preventivo para llenadora de latas.

Nº	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO	HH	PERIODO	
1	Inspección y mantenimiento del sistema neumático, eliminar fugas de aire.	Mecánico	1	TR	3
2	Mantenimiento a tableros eléctricos de fuerza y control, cajas de paso	Eléctrico	0.75	BI	2
3	Limpieza, ajuste, fijación de sensores en general	Eléctrico	0.5	TR	3
4	Mantenimiento general a variadores de frecuencia.	Eléctrico	3	SE	6
5	Mantenimiento a anillos rasantes de distribuidor central.	Mecánico	4	SE	6
6	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado.	Eléctrico	2	SE	6
7	Mantenimiento a cilindros elevadores, cambio de kit de repuestos.	Mecánico	4	SE	6
8	Realizar lubricación general de la máquina.	Mecánico	0.5	ME	1
9	Inspección/mantenimiento a sistema instrumentación: transmisores, manómetros, moduladoras	Eléctrico	4	SE	6
10	Inspección y cambio de empaquetaduras en distribuidor central (alimentación de depósito)	Mecánico	5	SE	6
11	Cambio de kit de repuestos de válvulas de aire.	Mecánico	4	AN	12
12	Inspección al sistema de transmisión mecánica; cadenas, piñones, reductores	Mecánico	0.5	TR	3
13	Inspección, mantenimiento a válvulas de llenado	Mecánico	8	SE	6
14	Inspección y mantenimiento de caja de mando, sin-fin cinta de entrada.	Mecánico	0.75	TR	3

15	Mantenimiento de los ejes cardanicos	Mecánico	8	AN	12
16	Mantenimiento general al sistema del tanque de llenadora	Mecánico	8	AN	12
17	Mantenimiento general a motorreductor principal.	Mecánico	12	AN	12
25	Cambio de kit de repuestos de grupo de columnillas.	Mecánico	24	AN	12
26	Inspección, limpieza de disco porta tapas, estado de filtro y nivel de aceite	Mecánico	1	BI	2
27	Mantenimiento a tableros eléctricos de fuerza y control, cajas de paso	Eléctrico	0.75	BI	2
28	Limpieza, ajuste, fijación de sensores en general	Eléctrico	0.5	TR	3

Nota: Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 33, presenta las actividades de mantenimiento preventivo en la llenadora, con el tipo de mantenimiento, las horas hombre y el periodo. Las actividades fueron determinadas de los modos de falla y del reporte de paradas de máquina. Para la llenadora se han definido 28 actividades, con las cuales buscamos tener una disponibilidad superior a 90%.

Tabla 34. *Actividades de mantenimiento preventivo para depaletizadora.*

Nº	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO	HH	PERIODO	
1	Inspección y mantenimiento del sistema neumático, eliminar fugas de aire.	Mecánico	0.5	TR	3
2	Mantenimiento a tableros eléctricos de fuerza y control, cajas de paso	Eléctrico	0.75	BI	2
3	Limpieza, ajuste, fijación de sensores en general	Eléctrico	0.5	TR	3
4	Realizar lubricación general de la máquina.	Mecánico	0.5	ME	1
5	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado.	Eléctrico	6	SE	6
6	Inspección de nivel de aceite en cajas reductoras, corregir de ser necesario.	Mecánico	1.5	SE	6
7	Mantenimiento al sistema extractor de cartón y pallet (sistema de vacío y transmisión)	Mecánico	2	TR	3

8	Inspección al sistema de transmisión mecánica; cadenas, piñones, reductores	Mecánico	0.5	TR	3
9	Mantenimiento general a variadores de frecuencia.	Eléctrico	3	SE	6

Nota: Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 34, muestra las actividades preventivas para la depaletizadora. Son 9 actividades en su mayoría de frecuencia correcta, la depaletizadora representa un 7% de las paradas de la línea por tal motivo es que no tiene un gran número de tareas de mantenimiento.

Tabla 35. *Actividades de Mantenimiento preventivo para Alimentador de tapas.*

Nº	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO	HH	PERIODO	
1	Mantenimiento a tableros eléctricos de fuerza y control, cajas de paso	Eléctrico	0.75	BI	2
2	Limpieza, ajuste, fijación de sensores en general	Eléctrico	0.5	TR	3
3	Realizar lubricación general de la máquina.	Mecánico	0.5	ME	1
4	Realizar mantenimiento a mecanismo elevador de rollos	Eléctrico	1	TR	3
5	Mantenimiento anual mecánico de máquina	Mecánico	8	AN	12

Nota: Fuente: *Elaboración propia*

La tabla 35, muestra las actividades para el alimentador de tapas, las actividades para la máquina están enfocadas a la conservación con tareas como limpieza y lubricación, sus actividades son del tipo eléctrico porque en el análisis de Pareto (figura 26) se determinó que las fallas de mayor impacto son las del tipo eléctrico.

Tabla 36. *Actividades de Mantenimiento preventivo para Warmer.*

Nº	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO	HH	PERIODO	
1	Inspección, limpieza y ajuste de sensores, cableado.	Eléctrico	0.2	TR	3
2	Mantenimiento general a tableros eléctricos de fuerza y control	Eléctrico	0.75	BI	2

3	Realizar lubricación general a máquina	Mecánico	0.5	ME	1
4	Inspección del sistema de transmisión general (desgaste, ruido,)	Mecánico	0.2	TR	3
5	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado.	Eléctrico	0.5	TR	3

Nota: Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 36, presenta las actividades para la Warmer, de acuerdo al análisis de Pareto (figura 21) del total de tiempo de parada las fallas de warmer solo representan el 5%. Por tal motivo se tiene actividades de conservación.

Tabla 37. *Actividades de Mantenimiento preventivo para Termocontraible.*

Nº	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO	HH	PERIODO	
1	Limpieza, ajuste, fijación de sensores en general	Eléctrico	0.5	TR	3
2	Mantenimiento a tableros eléctricos de fuerza y control, cajas de paso	Eléctrico	0.75	BI	2
3	Inspección y mantenimiento del sistema neumático, eliminar fugas de aire.	Mecánico	0.5	TR	3
4	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado.	Eléctrico	0.75	TR	3
5	Inspección al sistema de transmisión mecánica; cadenas, piñones, reductores	Mecánico	0.5	ME	1
6	Realizar lubricación general de la máquina	Mecánico	0.5	ME	1
7	Mantenimiento, limpieza de cadenas (envolventes, empujadoras y separadoras)	Mecánico	8	AN	12
8	Mantenimiento a mesa de traspaso n2	Mecánico	8	AN	12
9	Mantenimiento a mesa de traspaso n3	Mecánico	8	AN	12
10	Mantenimiento de árbol porta bobina y tensadores.	Eléctrico	8	AN	12
11	Limpieza de paquete de corte: rodillos, fajas, ductos bomba de vacío.	Mecánico	3	BI	2
12	Mantenimiento de transportes de ingreso y salida.	Mecánico	8	AN	12

13	Inspección del sistema de transmisión general (desgaste, ruido, lubricación)	Mecánico	0.5	ME	1
14	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado.	Eléctrico	0.75	TR	3
15	Mantenimiento a tableros eléctricos de fuerza y control, cajas de paso	Eléctrico	0.75	BI	2
16	Inspección de resistencias del horno (cables, terminales, ajuste)	Eléctrico	0.5	TR	3
17	Mantenimiento anual cadena del túnel del horno.	Mecánico	8	AN	12
18	Mantenimiento de moto-ventiladores 1, 2 y 3	Eléctrico	8	AN	12
19	Mantenimiento a moto-ventiladores entrada de horno (bajo cadena)	Eléctrico	8	AN	12
20	Mantenimiento a moto-ventiladores salida de horno (bajo cadena)	Eléctrico	8	AN	12
21	Mantenimiento de transportes de salida.	Mecánico	8	AN	12

Nota: Fuente: *Elaboración propia*

La tabla 37, presenta las actividades para la Termocontraible, como esta máquina está dentro de las máquinas con mayor tiempo de fallas se tiene actividades de reparación. Las actividades de frecuencia anual deben coincidir en la programación del mantenimiento para así realizar una sola parada de línea y no influya en la programación de la producción.

Tabla 38. *Actividades de Mantenimiento preventivo para Paletizadora.*

Nº	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO	HH	PERIODO	
1	Inspección y mantenimiento del sistema neumático, eliminar fugas de aire.	Mecánico	0.5	TR	3
2	Mantenimiento a tableros eléctricos de fuerza y control, cajas de paso	Eléctrico	0.75	BI	2
3	Limpieza, ajuste, fijación de sensores en general	Eléctrico	0.5	TR	3
4	Realizar lubricación general de la máquina.	Mecánico	0.5	ME	1

5	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado.	Eléctrico	2	SE	6
6	Inspección de nivel de aceite en cajas reductoras, corregir de ser necesario.	Mecánico	1.5	SE	6
7	Mantenimiento araña pone cartón (sistema de vacío y transmisión)	Mecánico	2	TR	3
8	Inspección al sistema de transmisión mecánica; cadenas, piñones, reductores	Mecánico	0.5	TR	3
9	Mantenimiento general a variadores de frecuencia.	Eléctrico	3	SE	6
10	Desmontaje polines mesa separadora, verificar alineamiento, limpieza de bandas, pistas	Mecánico	4	SE	6
11	Mantenimiento al sistema neumático en general	Mecánico	0.75	TR	3
12	Mantenimiento general a tablero eléctrico	Eléctrico	0.75	BI	2
13	Limpieza, ajuste, fijación de sensores en general	Eléctrico	0.5	TR	3
14	Inspección al sistema de transmisión mecánica; cadenas, piñones, reductores	Mecánico	0.5	TR	3
15	Realizar lubricación general a la máquina	Mecánico	0.5	ME	1
16	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado.	Eléctrico	0.5	TR	3

Nota: Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 38, se presentan las actividades para la paletizadora. La paletizadora es uno de los equipos con mayor tiempo de falla, por lo tanto, los desarrollos de las actividades sugeridas están enfocadas a reducir de manera inmediata las fallas constantes.

Tabla 39. *Actividades de Mantenimiento preventivo para Transportadores.*

Nº	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO	HH	PERIODO	
1	Limpieza, ajuste, fijación de sensores en general	Eléctrico	0.5	TR	3
2	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado. zona 1	Eléctrico	0.5	TR	3
3	Limpieza de motores, fijación de guardas y cableado.	Mecánico	0.75	TR	3

4	Mantenimiento a tableros eléctricos de fuerza y control, cajas de paso	Eléctrico	0.75	BI	2
5	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado. zona 2	Eléctrico	0.5	TR	3
6	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado. zona 4	Eléctrico	0.5	TR	3
7	Mantenimiento general de variadores zona 1.	Eléctrico	3	SE	6
8	Mantenimiento general de variadores de frecuencia zona 2.	Eléctrico	3	SE	6
9	Mantenimiento general de variadores zona 4 y 5.	Eléctrico	3	SE	6
10	Mantenimiento general de motores eléctricos zona 1.	Eléctrico	10	AN	12
11	Mantenimiento general de motores eléctricos zona 2.	Eléctrico	10	AN	12
12	Mantenimiento general de motores eléctricos zona 4 y 5.	Eléctrico	10	AN	12
13	Inspección a sistema de transmisión, cadenas, ejes, rodamientos, reductores, lubricación, zona 1.	Mecánico	0.5	BI	2
14	Inspección a sistema de transmisión, cadenas, ejes, rodamientos, reductores, lubricación, zona 2.	Mecánico	0.5	BI	2
15	Inspección a sistema de transmisión, cadenas, ejes, rodamientos, reductores, lubricación, zona 4.	Mecánico	0.5	BI	2
16	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado. zona 5	Eléctrico	0.5	TR	3
17	Inspección a sistema de transmisión, cadenas, ejes, rodamientos, reductores, lubricación, zona 5.	Mecánico	0.5	BI	2
18	Lubricación transporte paletas vacías y llenas, elevador de pallets, inspección a sistema de transmisión	Mecánico	0.75	BI	2
19	Desmontaje de transporte, limpieza, inspección de piñones, ducto y motor.	Mecánico	1	ME	1

Nota: Fuente: *Elaboración propia*

La tabla 39, muestra las actividades para transportadores. En el análisis de modos de falla se realizó de manera unificada, las actividades están destinadas para cada zona de transporte.

Tabla 40. *Actividades de Mantenimiento preventivo para equipos menores.*

Nº	EQUIPO	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO	HH	PERIODO	
1	INSPECTOR HEUFT	Limpieza, lubricación del sistema rechazador (pistón, electroválvula, mangueras)	Mecánico	0.75	TR	3
2	INSPECTOR HEUFT	Mantenimiento general a tablero de control (limpieza tarjetas, ajuste de conectores)	Mecánico	0.75	BI	2
3	SIUV	Mantenimiento al tablero eléctrico (limpieza y ajuste total, borneras y cables)	Eléctrico	0.5	TR	3
4	SIUV	Mantenimiento instalaciones eléctricas lámparas uv-c (2 unid)	Eléctrico	0.2	TR	3
5	SIUV	Cambio de equipos completos de iluminación (arrancador, condensador y reactor)	Eléctrico	2	AN	12
6	SIUV	Cambio de lámparas uv (cond:8000 horas) y prueba de funcionamiento	Eléctrico	2	AN	12
7	SOPLADOR ES AIRE	Inspección de motores eléctricos (ruido, megado, temperatura, amperaje) / corregir cableado. zona 2	Eléctrico	0.75	TR	3

Nota: Fuente: Elaboración propia

La tabla 40, se muestra las actividades para los equipos menores, para los equipos menores no se elaboraron el análisis de modos de falla. Las actividades se determinaron por la experiencia del equipo evaluador. Estas actividades son de conservación que consiste en el reemplazo de repuestos.

Formatos de control del mantenimiento

Para la administración del plan de mantenimiento es indispensable contar con formatos que ayuden a llevar un orden de los trabajos que se realicen, muchas veces el éxito de un plan de mantenimiento esta en el control, la planificación y registro de las actividades de mantenimiento. Por tal motivo se establecio los siguientes formatos elaborados para registrar, controlar y mejorar las actividades del plan de mantenimiento preventivo.

Formato de orden de trabajo (O/T)

Programa de mantenimiento preventivo

Historia de los Equipos

El adecuado registro de los datos solicitados en cada uno de los formatos nos permitirá medir los indicadores de gestión como el MTBF y MTTR, así mismo si deseamos implementar otros indicadores también nos ayudaran. Llevar un control o registro permite realizar un análisis de trazabilidad para determinar causas que no podemos ver a simple vista.

Uno de los problemas frecuentes en la ejecución del plan de mantenimiento es la falta de planificación, con estos formatos propuesto se garantiza saber ¿Quien va a desarrollar la actividad?, ¿Qué recursos necesita para desarrollar la actividad?, ¿Cuándo se desarrolla la actividad? y ¿Cuánto cuesta la actividad? Permittiendonos tomar acertadas desiciones ante diferentes situaciones.

En las siguientes figuras mostramos los formatos para el control del plan de mantenimiento:

4.5 Determinar la disponibilidad final teórica de acuerdo al plan de Mantenimiento.

De la tabla 7, se obtiene una disponibilidad mensual promedio del 80.0%, el objetivo de la investigación es lograr una disponibilidad superior o igual a 90.0%.

A continuación, calcularemos la disponibilidad teórica con la ejecución del plan de mantenimiento para este cálculo se asumirá los siguientes criterios:

- Ejecución del 100 % de las actividades preventivas.
- No se consideran paradas externas.
- Todas las actividades de mantenimiento implicarán una parada de línea.
- El tiempo de ejecución será el programado en los cuadros de las actividades preventivas.

Con estas consideraciones utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{horas paradas por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

El plan de mantenimiento tiene 103 actividades con periodicidad mensual, bimestral, trimestral, semestral y anual. Con la ejecución del 100% de las actividades del mantenimiento se busca como objetivo teórico lograr que las paradas de la línea sean sólo para mantenimiento programado.

De las tablas de actividades preventivas de los equipos se construye la siguiente tabla:

Tabla 41. *Actividades preventivas con frecuencia mensual.*

PERIODO	CANTIDAD DE ACTIV.	TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES
MENSUAL	10	5.5 HORAS
BIMESTRAL	18	15.0 HORAS
TRIMESTRAL	37	23.35 HORAS
SEMESTRAL	17	60.0 HORAS
ANUAL	21	178.0 HORAS
TOTAL	103	281.5 HORAS

Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

En la tabla 41 están todas las actividades que se deben realizar, estas tareas traerán como consecuencia 281.5 horas de parada de línea por mantenimiento al año.

También se sugiere la siguiente programación de los mantenimientos, para evitar que dentro de un mismo mes puedan aglomerarse muchas actividades y como consecuencia de la aglomeración no se podrán realizar todas las actividades.

Tabla 42. Cronograma del plan de mantenimiento.

Periodo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bimestral		X		X		X		X		X		X
Trimestral	X			X			X			X		
Semestral			X		X				X		X	
Anual		X			X	X	X	X	X			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

La tabla 42, muestra el cronograma de ejecución de las actividades. Las actividades mensuales, bimestrales y trimestrales se harán efectivos en su totalidad en los meses que se están programando. Las actividades semestrales y anuales se realizarán en partes debido a que estas actividades tienen un mayor tiempo de ejecución por lo tanto se está proponiendo partir estas actividades para no tener un alto tiempo de parada de línea.

Tabla 43. Distribución de tiempos para ejecución del plan de mantenimiento.

Periodo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	HH
Mensual	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	66
Bimestral		15		15		15		15		15		15	90
Trimestral	23.35			23.35			23.35			23.35			93.4
Semestral			30		30				30		30		120
Anual		30			25	30	30	40	25				180
Total HH	28.85	50.5	35.5	43.85	60.5	50.5	58.85	60.5	60.5	43.85	35.5	20.5	549.4

Nota: Fuente: Elaboración propia.

La tabla 43, muestra la distribución de las horas hombre para el desarrollo de las actividades durante un año de ejecución del plan de mantenimiento. Este tiempo es el

que se utilizaría en cada mes en la ejecución del plan de mantenimiento, este tiempo se utilizará para determinar las horas paradas por mantenimiento.

Para el cálculo también se necesita las horas totales de producción, la operación de la producción en la línea de latas es de lunes a sábado en dos turnos de 12 horas cada uno, por lo tanto, para nuestro análisis consideraremos 26 días de producción. Entonces las horas totales para producir son 624 horas mensuales.

En resumen, se tiene que en el primer mes de ejecución del plan de mantenimiento la línea de envasado tendrá:

Horas totales: 624 horas

Horas paradas por mantenimiento: 28.35 horas

Reemplazamos los valores en la fórmula:

$$Disponibilidad = \frac{\text{Horas totales} - \text{horas paradas por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

$$Disponibilidad = \frac{624 - 28.35}{624}$$

$$Disponibilidad = 95.38 \%$$

La disponibilidad de la línea de envasado de latas en el primer mes será del 95.38%, esto quiere decir que nuestras actividades no afectarán en la programación de producción.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los cálculos de la disponibilidad en los meses de ejecución del plan de mantenimiento, el cálculo se realiza durante un año debido a que se tiene actividades de frecuencia anual.

Tabla 44. Disponibilidad mensual aplicando el plan de mantenimiento.

Periodo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	HH
Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	66
Bimestral		X		X		X		X		X		X	90
Trimestral	X			X			X			X			93.4
Semestral			X		X				X		X		120
Anual		X			X	X	X	X	X				180
Total HH	28.8	50.5	35.5	43.8	60.5	50.5	58.8	60.5	60.5	43.8	35.5	20.5	549
Horas totales	624	624	624	624	624	624	624	624	624	624	624	624	8760
Disponibilidad	95%	92%	94%	93%	90%	92%	91%	90%	90%	93%	94%	97%	94%

Nota: Fuente: *Elaboración propia.*

La tabla 44, muestra los resultados del cálculo de la disponibilidad teórica que alcanzaría mensualmente la línea de envasado de latas con las actividades de mantenimiento preventivo. Como análisis final se obtendría un 94% de disponibilidad promedio a un año de aplicado el plan de mantenimiento dado que en uno recién se cumpliría con la ejecución del 100% de las actividades preventivas.

Con este cálculo se demuestra la importancia de tener, ejecutar un plan de mantenimiento preventivo con el cual se garantiza la operación de la línea de envasado.

Viabilidad económica del plan de mantenimiento preventivo:

En nuestros días, los sistemas de producción son sostenidos por las actividades de mantenimiento. Por lo tanto, las decisiones que se tomen respecto a la ejecución de un plan de mantenimiento son de mucha importancia para el control de los costos de producción. Es por ello, no es suficiente desarrollar un plan de mantenimiento, sino que se debe desarrollar sistemas de gestión del mantenimiento alineados a los objetivos de la organización y uno de los puntos a considerar es el costo del mantenimiento.

A continuación, presentamos los costos por las actividades del plan de mantenimiento propuesto para la línea de envasado de latas.

Tabla 45. Costo anual del plan de mantenimiento.

Máquina	Mantenimiento	Costos			Total Anual
		Mano de obra	Insumos	Repuestos	
LLENADORA	Inspección	S/ 2,400.00			S/ 2,400.00
	Conservación	S/ 4,400.00	S/ 1,200.00		S/ 5,600.00
	Reparación	S/ 2,600.00	S/ 1,120.00	S/ 30,000.00	S/ 33,720.00
DEPALETIZADORA	Inspección	S/ 1,200.00			S/ 1,200.00
	Conservación	S/ 2,200.00	S/ 640.00		S/ 2,840.00
	Reparación	S/ 2,200.00	S/ 980.00	S/ 6,000.00	S/ 9,180.00
ALIMENTADOR TAPAS	Inspección	S/ 1,800.00			S/ 1,800.00
	Conservación	S/ 2,400.00	S/ 2,300.00		S/ 4,700.00
	Reparación	S/ 2,400.00	S/ 1,200.00	S/ 5,000.00	S/ 8,600.00
WARMER	Inspección	S/ 1,200.00			S/ 1,200.00
	Conservación	S/ 1,200.00	S/ 1,440.00		S/ 2,640.00
	Reparación	S/ 2,400.00	S/ 890.00	S/ 3,000.00	S/ 6,290.00
TERMOCONTRAIBLE SMI	Inspección	S/ 2,400.00			S/ 2,400.00
	Conservación	S/ 4,400.00	S/ 1,400.00		S/ 5,800.00
	Reparación	S/ 2,600.00	S/ 1,800.00	S/ 15,000.00	S/ 19,400.00
PALETIZADORA	Inspección	S/ 2,400.00			S/ 2,400.00
	Conservación	S/ 4,400.00	S/ 1,500.00		S/ 5,900.00
	Reparación	S/ 2,440.00	S/ 1,500.00	S/ 8,000.00	S/ 11,940.00
TRANSPORTE LATAS	Inspección	S/ 2,400.00			S/ 2,400.00
	Conservación	S/ 4,400.00	S/ 2,000.00		S/ 6,400.00
	Reparación	S/ 2,440.00	S/ 1,800.00	S/ 9,000.00	S/ 13,240.00
EQUIPOS MENORES	Inspección	S/ 1,200.00			S/ 1,200.00
	Conservación	S/ 2,400.00	S/ 1,800.00		S/ 4,200.00
	Reparación	S/ 2,400.00	S/ 1,300.00	S/ 5,000.00	S/ 8,700.00
Costo Total Anual					S/ 164,150.00

Nota: Fuente: Elaboración propia

En la tabla 45, muestra el costo anual por todas las actividades del plan de mantenimiento preventivo que es de S/ 164,150.00.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que el diseño de un plan de mantenimiento preventivo puede ayudar a cumplir con los objetivos de la empresa. De la tabla 7 obtenemos una disponibilidad promedio de 80.16% en seis meses, al implementar un plan de mantenimiento en el mismo periodo de tiempo se obtiene una disponibilidad del 94.00% motivo por la cual se acepta la hipótesis de que el diseño de un plan de mantenimiento con la metodología RCM aumentaría la disponibilidad de la línea de envasado de latas de la empresa Heineken. El resultado obtenido se contrasta con los resultados de Castro (2021), en su investigación obtiene una mejora del 89.6% al 93.78% en la disponibilidad de un grupo de bombas Gorman Rupp con la elaboración e implementación de un plan de mantenimiento preventivo. Asimismo, De la Rosa & Torres (2020) en su trabajo de investigación formularon como objetivo diseñar un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos de bombeo en una planta minera, encontrando inicialmente un 72% de disponibilidad. Luego de analizar las causas del problema desarrollaron un plan de gestión de mantenimiento obteniendo como nueva disponibilidad de los equipos un 93%. De la misma manera Zapata (2017), en su investigación de proponer una gestión de mantenimiento para los transportadores de cajas de cerveza para una embotelladora en Motupe, logra obtener un incremento en la disponibilidad del 97,1% al 98.8%, el incremento obtenido por Zapata es menor al incremento obtenido por la investigación esto es porque las realidades de las empresas son muy marcadas, el estudio de Zapata se desarrolla en una empresa con más de 100 años en el mercado peruano y con una organización muy definida el mantenimiento preventivo ya está implementado y ejecutado por varios años entonces, las mejoras que se hacen dentro de esa organización impactan en un porcentaje pequeño por otro lado la realidad de la empresa de la investigación es muy distinta debido a que la empresa tiene 2 años en el mercado peruano y sus necesidades son muchas pero sus recursos limitados.

El estudio desarrollado tuvo como objetivo determinar la situación inicial del proceso de producción y mantenimiento, para ello se buscó información de la empresa como

la organización estructural de la planta de producción para conocer a los responsables de la administración de producción y mantenimiento para involucrarse en el diseño del plan de mantenimiento debido a que estas personas conocen la realidad de la empresa. Se planteó un cuestionario de 8 preguntas para elaborar el proceso de envasado, una ficha de recolección de información técnica de las máquinas y un formato de reporte de fallas y parada de línea. Con estos instrumentos se determinó los indicadores de gestión de producción como el OPI promedio mensual de 56.35% y una eficiencia de línea 71.20% y los indicadores de mantenimiento que son MTBF de 65.84 minutos y MTTR de 15.18 con el cual se determinó la disponibilidad de 80.16%. De la misma manera García en su investigación propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento de una clínica particular en la ciudad de lima en el capítulo 2, describe la clínica en estudio y los activos con que cuenta, con instrumentos como formatos de inspección de equipos e infraestructura así también para su análisis de la gestión actual del mantenimiento mide los valores de los indicadores de MTTR y MTBF.

Para determinar las fallas que inciden en la baja disponibilidad de las máquinas se siguió la metodología del diagrama de Pareto, partiendo de determinar los tipos de fallas con un 80% de acumulado (mecánica, eléctrica y operacional) y luego las máquinas con mayor porcentaje de tiempo de falla. El diagrama de Ishikawa se usó para el análisis de las fallas de las máquinas más influyentes en la baja disponibilidad, luego se formó un equipo evaluador para ponderar la causa más importante. La ponderación fue de acuerdo a la experiencia del equipo evaluador también se garantizó la autonomía del equipo evaluador después, el análisis por los 5 porqués para determinar la causa raíz de los problemas. De la misma manera Casaña-Medel (2021) en su investigación tiene como objetivo valorar la calidad del mantenimiento técnico que aplican a los equipos. Para la valoración del mantenimiento se tiene más de 100 indicadores, pero como esta investigación se realiza a una empresa cubana que solo utilizan un indicador de gestión del mantenimiento (coeficiente de disponibilidad técnica) con uno solo indicador no se puede valorar la gestión del mantenimiento. Para cumplir con el objetivo proponen utilizar indicadores de clase

mundial como la disponibilidad, el costo del mantenimiento por facturación con resultados de 85,14% y 47,35% respectivamente, estos resultados se encuentran dentro del rango de aceptable. También se calculó el MTTR y MTBF con resultados que pudieron ser más alentadores si los mantenimientos correctivos se realizan con mayor rapidez y el uso de insumos de mayor calidad. Con todos estos resultados concluye que la valoración de la calidad del mantenimiento técnico es la adecuada para la gestión de un mantenimiento de clase mundial.

Se determinaron los modos de falla mediante un cuestionario con las 7 preguntas del RCM. Finalmente, el análisis de las respuestas fue por el equipo evaluador obteniendo un plan de mantenimiento preventivo con la metodología RCM para la línea de envasado de latas, lo cual está elaborado a medida de la empresa conociendo su realidad. Asimismo, Mago-Ramos, M., & Rocha-Pachón, S. (2021) en su investigación de diseño y la implementación del plan de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa. Para el diseño del plan de mantenimiento se recolectó información técnica de los todos los equipos de la planta, análisis de criticidad y realizando un diagnóstico inicial, plan de mantenimiento fue consecuencia de aplicar la metodología RCM con la técnica del Análisis de los modos y efectos de falla (AMEF). De la misma manera Ben, Mohamed, y Muduli (2021), investigaron el efecto del mantenimiento preventivo en la confiabilidad de los equipos de una planta embotelladora de cerveza recaudó información por seis meses, encontrando después de utilizar el método Pareto a la empacadora de botellas como la máquina con mayor impacto en la disponibilidad. Luego realizaron un análisis de modos de fallas de la empacadora de botellas, obteniendo una actividad de mantenimiento, eligieron operadores de experiencia para realizar ajustes y mantenimientos menores.

VI. CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico de la situación en el periodo agosto 2021 a enero 2022 en las operaciones de producción y mantenimiento en la empresa Heineken, en mantenimiento se encontró que las máquinas de línea de envasado de latas presentan un promedio de 408.5 fallas mensuales en el proceso de envasado demorando 4267.5 minutos en reparar estas fallas. En producción se determinó que se utilizan 18228.3 minutos mensuales en la operación de envasado con 442.2 paradas de línea por fallas de los equipos y agentes externos. Con esta información se elaboraron tablas resumen para calcular disponibilidad inicial en la Línea de Envasado de Latas en la Empresa Heineken, el resultado obtenido fue una disponibilidad promedio de 80.16%.
- Se determinó las fallas que inciden en la disponibilidad de las máquinas de la Línea de Envasado de Latas mediante el Método Pareto, del análisis de Pareto se obtuvo que las fallas mecánicas representan el 50%, eléctricas un 30% y operacionales 20% de las paradas de línea. Luego del análisis de fallas mecánicas y eléctricas se obtuvo que la llenadora tiene un 30% de las fallas, la paletizadora un 20%, el alimentador de tapas un 15% y la termocontraible un 15%. De estos equipos se analizaron sus fallas mecánicas y eléctricas para encontrar las de mayor impacto en la baja disponibilidad, estas fallas se encuentran en la tabla 25, con sus respectivos análisis de Ishikawa y 5 porqués.
- Se determinó los modos de falla mediante la metodología de RCM, aplicando un cuestionario con las 7 preguntas del RCM a los colaboradores de producción y mantenimiento, luego se analizó los resultados con un equipo evaluador de 4 personas. Consolidando el resultado obtenido de las discusiones del equipo evaluador en las tablas de modos de fallas de las máquinas y equipos de la línea de envasado de latas, desde la Tabla 26 hasta la Tabla 32.

- Se establecieron 103 actividades de mantenimiento preventivo y formatos de control para su registro. Las actividades de mantenimiento fueron resultado de los análisis del segundo y tercer objetivo específico, los periodos de ejecución de las actividades fueron establecidos por el equipo evaluador tomando como criterio su experiencia y conocimiento de la realidad de la empresa. Para la gestión del plan de mantenimiento preventivo se establecen tres formatos de control OT`s, programación del mantenimiento y el historial de las máquinas.
- Se determinó la disponibilidad final teórica de acuerdo al plan de Mantenimiento, para el cálculo se utilizó el criterio de análisis propio del autor de la investigación. Al ser un cálculo teórico se asumieron algunas condiciones como la ejecución del plan de mantenimiento al 100% por lo que los resultados esperados serán en un periodo de un año. En el primer objetivo se obtiene una disponibilidad promedio del 80.16% y en este objetivo obtenemos una disponibilidad teórica del 94% a un año de ejecución del plan de mantenimiento.

VII. RECOMENDACIONES

La ejecución del plan de mantenimiento preventivo debe desarrollarse en su totalidad. Debido a que esta condición garantiza lograr el objetivo de incrementar la disponibilidad superior a 90.0%, el control de las actividades debe darse con las órdenes de trabajo porque con esta herramienta de control se podrá realizar control de costos que es muy importante para la gestión del mantenimiento. El registro de las actividades también es importante para generar un historial de las máquinas con el cual se puede hacer mejoras o ajustar tiempos en el plan de mantenimiento. La gestión del mantenimiento debe separarse de la producción porque el objetivo de tener un área de mantenimiento es velar por la operatividad en condiciones normales de los activos mientras que producción tiene como objetivo la elaboración de productos al ser administrados ambas áreas por un solo responsable puede haber conflicto de intereses.

Se recomienda seguir un análisis de reemplazo o overhall de máquinas, muchas de las máquinas en investigación tienen muchos años de operación en algunos casos no se encuentran los catálogos de mantenimiento y operación. Por estos años de antigüedad también están desfasados con la tecnología y las medidas de control de accidentes se pueden ver reducidas al ser un equipo con fallas frecuentes e intervención del operador para renaudar su operación. Para lograr este análisis se debe tener información de costos por lo que implementar un control de costos es muy importante y pedir información a los anteriores administradores de las máquinas.

Se recomienda la implementación de actividades predictivas como el análisis vibraciones de rodamientos, análisis de aceite, termografía en los componentes eléctricos, etc. Con las actividades predictivas se podría añadir otras actividades al plan de mantenimiento, pero la ejecución de estas actividades sería en el momento que realmente se requiera logrando así mejorar la gestión de compra de repuestos que fue uno de las causas raíces en nuestro análisis de la máquina termocontraible.

REFERENCIAS

- Ben, J., Mohamed, A., & Muduli, K. (2021). Effect of Preventive Maintenance on Machine Reliability in a Beverage Packaging Plant. *International Journal of System Dynamics Applications*, 10(3), 50-66. doi: <http://doi.org/10.4018/IJSDA.2021070104>
- Castro (2021) Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad de bombas sumergibles Empresa EICM Engineering Group, Arequipa-2021 (Tesis de Licenciatura). Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. Doi: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/75863>
- CHERO ALVARADO, V., & PANCHANA, A. (2019). Application of the 5S methodology in line number # 1 of classification and packaging of a shrimp packing company located in Duran pp. 598-610 En: *Journal of Asia Pacific Studies*, N°5(3) (<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=137025892&lang=es>)
- Cruzado, R. (2020) Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a bombas de carga en una refinería. <https://pirhua.udel.edu.pe/handle/11042/4479>
- De la Rosa, C. I., & Torres, S. D. (2020). Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos de bombeo en una planta minera (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/24370>
- Mago-Ramos, M., & Rocha-Pachón, S. (2021). Diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa Granitos y Mármoles Acabados SAS. *Ciencia y Poder Aéreo*, 16(2), 98-111. <https://doi.org/10.18667>

Mora, A. (2009). Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editorial.

OLARTE C., WILLIAM, BOTERO A., MARCELA, CAÑÓN A., BENHUR
IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS
PROCESOS DE PRODUCCIÓN. Scientia et Technica [en línea]. 2010, XVI(44),
354-356[fecha de Consulta 29 de Enero de 2022]. ISSN: 0122-1701. Disponible
en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316066>

Zapata (2017) Gestión de Mantenimiento en los Transportadores de Cajas de Cerveza
en la Línea de Envasado N° 3 en una Planta Embotelladora de Bebidas de
MOTUPE (Tesis de Licenciatura). Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo.
Doi: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/10101>


Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., de Lima, M. J., da Trindade, E. S., & Li,
G. P. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature
review. Computers & Industrial Engineering, 150, 106889.
doi:10.1016/j.cie.2020.106889

ANEXOS


Anexo 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
V. Independiente Plan de Mantenimiento Preventivo	Para Eurofins (2017) Un plan de mantenimiento es un documento detallado de actividades planificadas en un periodo de tiempo, para los activos de la organización. Siguiendo protocolos, guías y fichas para cada tipo de activo. Teniendo como objetivo en mejorar la disponibilidad, confiabilidad y costos.	Un plan de Mantenimiento con la metodología RCM, se basa en disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción para ello se debe realizar el registro del tiempo de parada de línea por falla en los equipos y la criticidad de las fallas.	Datos Tecnicos de Maquinas	% Manueles= Total de máquinas / Manuales Técnicos Disponibles	Razón
			Documentación	Formatos de Control	Unidad
			Criticidad de fallas	% relativo = Frecuencia de falla / Total de fallas	Razón
V. Dependiente Disponibilidad	Para Alberti (2020) La disponibilidad de una máquina es un indicador que evidencia el rendimiento en un determinado contexto, en función de análisis de confiabilidad y mantenibilidad.	Es la razón entre el tiempo que estuvo en funcionamiento vs el tiempo disponible para el uso. Disponibilidad % = (Tiempo de producción / Tiempo programado para producir) * 100	Confiabilidad	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	Razón
			Mantenibilidad	Tiempo promedio de reparación (MTTR)	Razón

Anexo 3. Cuestionario de conocimiento de proceso.

		Cuestionario del Proceso de Envasado		PLANTA HUACHIPA	
		PE.ENV.FOR	Nº Revisión: 0		
FECHA:				MÁQUINA:	
TURNO:	1	2	OPERADOR:		
Nº	Pregunta			Respuesta	
1	¿Cuál es la ruta del líquido a envasar (Cerveza)?				
2	¿Cuál es la ruta de las latas vacías?				
3	¿Cómo se logra el cerrado de las latas?				
4	¿Cuál es la ruta de las latas con contenido?				
5	¿Cómo se logra el empaquetado del producto?				
6	¿Cuál es la ruta de los paquetes?				
7	¿Dónde se almacenan los pallets de producto terminado?				
8	¿Qué controles hay en la línea de envasado de latas? (Solo operadores de envasado)				
Elaborado por: Jesús Aliaga			Revisado: Ing. Becker Epiquien		Aprobado: Ing. Erick Cuayla

Anexo 4. Formato de Ficha técnica del equipo.

		FORMATO DE FICHA TECNICA DE EQUIPOS			
		PE.ENV.FOR	Nº Revision: 0	PLANTA HUACHIPA	
1.DATOS TECNICOS					
	Código				
	Nombre del equipo				
	Función que realiza		Capacidad/Velocidad		
	Ubicación		Parte del proceso/Línea		
	Tamaño		Marca		
	Peso	kg	Modelo		
	Potencia		Nº de serie		
	Voltaje		Proveedor		
	Lectura de su vida útil		Teléfono		
2.FECHAS					
	Fecha de fabricación:	Fecha de instalación			
	Fecha límite de garantía	Fecha última actualización			
3. DATOS DE CONDICION					
	Efectividad actual		%	Importancia crítica	
	Estado del equipo			Responsable directo	
4. DOCUMENTOS DISPONIBLES:					
			Si / No	Ubicación	Idioma
	Historia				
	Planos				
	Manuales				
5. COMPONENTES:					
Nombre	Nº de serie	Proveedor Nacional	Proveedor Extranjero	Características	\$ Costo

Anexo 5. Consolidado de paradas de máquina – Agosto 2021

Equipo	Tipo de falla	Descripción de parada	Tiempo
Termo	Mecánica	Lámina se traba en sistema de subida	3.5
Llenadora	Operacional	Traba de lata chancada en pista de salida de llenadora	3.5
Termo	Operacional	Demora en cambio de film	4.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento	5.6
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento	3.5
Cerradora	Operacional	Traba de lata chancado en guía de entrada	9.0
Cerradora	Mecánica	Se rompe manguera de aire	3.5
Rinser	Operacional	Traba de lata chancado en guía de entrada	3.5
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento	9.0
Despaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento latas por caída marcos	4.9
Rinser	Operacional	Traba de lata chancado en guía de entrada	3.5
Rinser	Operacional	Traba de lata chancado en guía de entrada	5.5
Rinser	Operacional	Traba de lata chancado en guía de entrada	5.6
Llenadora	Operacional	Traba de lata chancada en entrada a llenadora	4.0
Llenadora	Operacional	Traba de lata chancada en entrada a llenadora	6.0
Rinser	Operacional	Traba de lata chancado en guía de entrada	4.9
Rinser	Operacional	Traba de lata chancado en guía de entrada	4.0
Rinser	Operacional	Traba de lata chancado en guía de salida	3.5
Rinser	Operacional	Traba por lata echada al ingreso a rinsers	4.9
Llenadora	Operacional	Traba de lata chancada en pista de salida de llenadora	3.5
Llenadora	Operacional	Traba de lata chancada en pista de salida de llenadora	5.6
Llenadora	Mecánica	Lubricación de Sistema	16.4
Despaletizadora	Operacional	Desabastecimiento por falta de operador	6.0
Despaletizadora	Eléctrica	Demora en retiro de marcos y planchas	5.6
Rinser	Operacional	Traba de lata chancado en guía de salida	4.0
Llenadora	Mecánica	Ajuste de válvulas en máquina	4.9
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento	4.9
Llenadora	Mecánica	Imán no baja por completo	5.6
Llenadora	Mecánica	Imán no baja por completo	6.0
Llenadora	Operacional	Traba de lata chancada en pista de salida de llenadora	6.5
Rinser	Operacional	Traba de lata chancado en guía de salida	3.5
Inspector de Nivel	Eléctrica	No detecta lata vacíos	6.0
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Traba de paquetes en salida de horno	6.0
Llenadora	Mecánica	Válvula no llena completo, se cambia sello de válvula	4.0
Llenadora	Mecánica	Válvula no llena completo, se cambia sello de válvula	5.5
Llenadora	Mecánica	Válvula no llena completo, se cambia sello de válvula	21.4
Cerradora	Mecánica	Caída de latas al salir de la cerradora (ajuste manual)	4.0

Rinser	Operacional	Traba por lata echada al ingreso a rinser	4.0
Termo	Mecánica	Demora en cambio de film	5.6
Rinser	Operacional	Traba por lata echada al ingreso a rinser	4.0
Termo	Mecánica	Demora en cambio de film	6.0
Llenadora	Mecánica	Lubricación de pistones	4.0
Paletizadora	Operacional	Abastecimiento de cartón	4.0
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Acumulación de productos en fajas curva	4.9
Paletizadora	Operacional	Paquete se pasa operario en refrigerio	9.0
Llenadora	Operacional	Traba de lata caída en salida de llenadora	3.5
Llenadora	Mecánica	Regulación de válvula de llenado nro. 01 por bajo nivel	6.5
Llenadora	Mecánica	Se estrella llenadora por salida de base de lata	19.3
Llenadora	Operacional	Ajuste de válvulas de llenado núm. 71	9.0
Cerradora	Operacional	Traba de lata en salida de máquina	5.6
Alimentador de tapas	Mecánica	Traba de tapa en carril de llegada a cerradora	4.0
Llenadora	Eléctrica	Bloqueo de panel de operador, reinicio de panel,	9.0

Anexo 6. Consolidado de paradas de máquina – Setiembre 2021

Equipo	Tipo de falla	Descripción de parada	Tiempo
Depaletizadora	Mecánica	Ajuste manual de faja de imán (MTV), reinició de MTV	8.7
Depaletizadora	Operacional	Traba de lata en llenadora	5.6
Depaletizadora	Operacional	Demora en manejo de maquina	5.9
Llenadora	Mecánica	Traba constante de latas en salida de llenadora	5.0
Llenadora	Mecánica	Traba constante de latas en salida de llenadora	24.9
Llenadora	Mecánica	Traba constante de latas en salida de llenadora	19.5
Rinser	Automatización	Falta de agua en enjuague de latas	5.4
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona llegada a cerradora	5.1
Llenadora	Mecánica	Falla en válvula de llenado	10.2
Llenadora	Mecánica	Falla en válvula de llenado	18.2
Rinser	Automatización	Falta de agua en enjuague de latas	5.8
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Transporte de subida de pallet no enciende	9.6
Termo	Operacional	Paquetes mal armados	20.0
Cerradora	Mecánica	Traba de latas en salida de máquina	10.4
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	5.6
Termo	Operacional	Paquetes mal armados	10.7
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Transporte con paquetes trabados en curva 02	10.0
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Transporte con paquetes trabados en curva 02	38.2
Termo	Operacional	Paquetes mal armados	15.0
Cerradora	Mecánica	Traba de latas en salida de máquina	24.1
Termo	Operacional	Cambio de Film, ajuste de volteadores(Salida, curva), Paquetes mal envueltos	7.1
Termo	Operacional	Ajuste de volteadores(Salida y curva)	6.3
Transp. Codificador - Termo	Mecánica	Regulación de barandas laterales	6.0
Transp. llenadora - Warmer	Eléctrica	Fallas de sensor, impide que las latas pasen	7.1
Llenadora	Eléctrica	Sin presión en bomba de llenadora	7.7
Termo	Mecánica	Rotura faja de traspaso de paquetes a horno	46.9
Termo	Mecánica	Rotura faja de traspaso de paquetes a horno	19.0
Termo	Mecánica	Rotura faja de traspaso de paquetes a horno	60.0
Llenadora	Operacional	Traba de latas defectuosas en llenadora	5.6
Llenadora	Operacional	Traba de latas defectuosas en llenadora	14.0
Llenadora	Operacional	Traba de latas defectuosas en llenadora	13.6
Llenadora	Eléctrica	Alarma red profibus	15.1
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de cartucho de tapas, retiro manual de cartucho atascado	5.2
Termo	Mecánica	Ajuste de guías dentro de termo	8.7

Termo	Mecánica	Ajuste de guías dentro de termo	9.7
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de lata a llenadora	8.5
Termo	Mecánica	Ajuste de guías dentro de termo	11.8
Llenadora	Mecánica	Dado de lubricación sucio, se procede a limpiarlo	10.0
Codificador	Eléctrica	Exceso de acumulación, retiro de latas no codificadas	8.4
Termo	Operacional	Acumulación de paquetes en curva 2, retiro manual	5.6
Paletizadora	Operacional	Paletizadora: Operador en corte de producción	28.0
Paletizadora	Operacional	Paletizadora: Operador en corte de producción	33.0
Paletizadora	Operacional	Falla en retiro de planchas	15.0
Llenadora	Operacional	Traba de latas en estrella de llenadora	10.0
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Se apaga transporte de curva 03	20.0
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	10.0
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Se apaga transporte de curva 03	20.0
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	25.0
Termo	Operacional	Mal empaquetado genera traba de paquetes en ingreso a paletizadora	30.0
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de lata a llenadora	6.4
Llenadora	Mecánica	Falla en válvula de llenado	12.0
Transp. Warmer - Codificador	Mecánica	Ajuste de cadena de transporte, causa volteamiento de latas	7.0
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Cambio de volteador verde	18.0
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de lata a llenadora	8.8
Paletizadora	Operacional	Paletizadora: Operador en corte de producción	20.0
Alimentador de tapas	Eléctrica	Se expulsan tapas x sensor de tapas invertidas	5.0
Termo	Operacional	Paquetes mal armados	7.0
Termo	Operacional	Paquetes mal armados	7.9
Termo	Operacional	Mal cambio de bobina	19.0
Termo	Mecánica	Mal empaquetado	10.0
Paletizadora	Operacional	Se pasan paquetes y detiene envasado	31.2
Rinser	Operacional	Lata echada en entrada a llenadora	5.4
Tecmi	Mecánica	Operador de termo y Paletizadora, ajuste de cuchilla, film arrugado	17.5
Paletizadora	Operacional	Mal ingreso de paquetes	21.3
Codificador	Eléctrica	Lata golpea el sensor, se apaga por seguridad, latas no codificadas	13.9
Llenadora	Mecánica	Ajuste de trabador de latas	12.0
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	15.4
Alimentador de tapas	Mecánica	Traba de tapas en carril de abastecimiento	12.0
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	14.0
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	28.0

Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	33.0
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	5.0
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Traba de faja de curva 04	14.0
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Traba de faja de curva 04	60.0
Transp. Warmer - Codificador	Operacional	Latas atascadas en curva de transporte, retiro manual	5.9
Transp. Llenadora - Warmer	Operacional	Acumulación de producto en volteador blanco, por lata echada	6.6
Rinser	Mecánica	Constante traba de latas en guías de rinser x mal cambio de formato	37.4
Transp. Codificador - Termo	Mecánica	Caída de latas en volteador pasado codificador	38.7
Alimentador de tapas	Mecánica	Traba de tapas en carril de abastecimiento	7.0
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	21.9
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	27.9
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	6.0
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	6.0
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Se apaga transporte de este tramo	18.0
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Se apaga transporte de este tramo	43.2
Termo	Operacional	Termo: Demora en llegada de relevo	12.0
Llenadora	Operacional	Retiro de latas aplastadas en cerradora, personal de mantenimiento operando llenadora, falla de sensor impide proceso de llenadora	23.9
Alimentador de tapas	Mecánica	Retiro de cartón atascado, cartucho de tapas	7.1
Depaletizadora	Operacional	Retiro de marcos y cartones, genera desabastecimiento a llenadora,	7.6
Paletizadora	Operacional	Paquetes rotos dentro de paletizadora, se procede a limpiar	6.5
Depaletizadora	Operacional	Retiro de marcos y cartones, genera desabastecimiento a llenadora,	6.3
Cerradora	Mecánica	Ajuste de estrella de cerradora	6.4
Paletizadora	Operacional	Se pasan paquetes y detiene envasado	6.4
Paletizadora	Operacional	Se pasan paquetes y detiene envasado	9.8
Codificador	Eléctrica	Limpieza de cabezal	5.6
Codificador	Eléctrica	Latas sin codificar, se revisan latas	14.6
Codificador	Eléctrica	Latas sin codificar, se revisan latas	27.7
Inspector de Nivel	Operacional	Se detiene línea para limpieza de zona de inspección	20.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	7.0
Transp. Codificador - Termo	Mecánica	Caída de latas en volteador pasado codificador	7.0
Transp. Codificador - Termo	Mecánica	Caída de latas en volteador pasado codificador	10.8
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	40.0
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	34.0

Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	16.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	9.0
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	32.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	6.0
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	15.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	8.0
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Constante caída de latas en curva de salida de llenadora a warmer	9.0
Paletizadora	Mecánica	Contadores sin secuencia	10.1
Transp. Despa - Rinser	Eléctrica	Se apagan los transportadores	12.3
Paletizadora	Mecánica	Contadores sin secuencia	10.8
Paletizadora	Mecánica	Contadores sin secuencia	6.0
Paletizadora	Operacional	Paquetes rotos dentro de paletizadora, se procede a limpiar	5.7
Paletizadora	Operacional	Paquetes rotos dentro de paletizadora, se procede a limpiar	8.2
Paletizadora	Operacional	Acumulación de producto en curva 1, paquetes estrellados	11.0
Termo	Operacional	Ajuste de guías formadoras de paquetes	8.9
Paletizadora	Mecánica	Contadores sin secuencia	25.8
Paletizadora	Mecánica	Contadores sin secuencia	6.3
Termo	Mecánica	Caída de latas en máquina	11.4
Llenadora	Operacional	Reinicio de llenadora, ajuste de llenado	40.0
Llenadora	Mecánica	Bajo nivel de llenado	5.4
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	5.9
Alimentador de tapas	Mecánica	Ajuste de carrilera de abastecimiento	6.1
Alimentador de tapas	Mecánica	Ajuste de carrilera de abastecimiento	5.0
Paletizadora	Operacional	Paquetes rotos dentro de paletizadora, se procede a limpiar	9.2
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	8.4
Termo	Operacional	Termo: Ausencia de operador	6.0
Termo	Operacional	Termo: Ausencia de operador	20.7
Embaladora de pallet	Mecánica	Falla en sistema de polines de pallets	35.0
Embaladora de pallet	Mecánica	Falla en sistema de polines de pallets	15.0

Anexo 7. Consolidado de paradas de máquina – Octubre 2021

Equipo	Tipo de falla	Descripción de parada	Tiempo
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	6.4
Paletizadora	Mecánica	Caída de cartones no permite paletizado	6.0
Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	49.7
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	10.6
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	9.0
Transp. Codificador - Termo	Mecánica	Traba latas en volteador de codificador	9.0
Transp. Codificador - Termo	Mecánica	Traba latas en volteador de codificador	15.0
Transp. Codificador - Termo	Mecánica	Traba latas en volteador de codificador	7.4
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de latas	7.8
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	12.6
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	6.8
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	9.5
Transp. Codificador - Termo	Mecánica	Traba latas en volteador de codificador	9.3
Cambio de formato	C/Formato	Cambio de 355ml a 473ml	210.0
Cambio de formato	C/Formato	Cambio de 355ml a 473ml	49.0
Logística	Montacargas	Demora en abastecimiento de pallet	6.5
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	9.0
Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	6.4
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de latas	8.7
Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	14.3
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	31.9
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	5.8
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de latas	6.5
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	5.0
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	5.0
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	41.9
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	15.4
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	20.0
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	29.7
Cambio de cerveza	C/Cerveza	Cambio de cerveza más espumado	94.0
Llenadora	Operacional	Bajo nivel de llenado	51.6
Llenadora	Operacional	Bajo nivel de llenado	34.0
Llenadora	Mecánica	Bajo nivel de llenado	11.0

Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	24.2
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	27.7
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	6.6
Termo	Operacional	Demora en llegada de personal	47.5
Logística	Pallet	Pallet de mayor dimensión se traba en sistema de subida	11.8
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	8.2
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	17.8
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	24.5
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	10.4
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	18.0
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	20.6
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	5.0
Llenadora	Mecánica	Bajo nivel de llenado	15.7
Llenadora	Mecánica	Bajo nivel de llenado	19.7
Cerradora	Operacional	Caída de latas a la salida	32.0
Logística	Montacargas	Desabastecimiento de latas	10.0
Cerradora	Operacional	Caída de latas a la salida	5.9
Cerradora	Operacional	Caída de latas a la salida	31.8
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	13.1
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	10.0
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	5.2
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	18.8
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	12.2
Cambio de cerveza	C/Cerveza	Cambio de cerveza por falta de latas	64.3
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	10.0
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	5.0
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	20.6
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	20.6
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	13.0
Cambio de cerveza	C/Cerveza	Cambio de cerveza por falta de latas	76.0
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	14.9
Cambio de cerveza	C/Cerveza	Cambio de cerveza por falta de latas	35.0
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	14.9
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	16.5
Paletizadora	Operacional	Operador en cierre con montacarguista	12.8
Calidad	Lata	Separación de latas despintadas	7.9
Logística	Pallet	Falta de tanque para filtrar cerveza	180.0
Logística	Pallet	Falta de tanque para filtrar cerveza	120.0

Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	25.8
Paletizadora	Operacional	Operador en cierre con montacarguista	5.8
Logística	Montacargas	Ausencia de montacargas	7.2
Inspector de Nivel	Mecánica	Falso rechazo	21.1
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	47.2
Embaladora de pallet	Eléctrica	Falla en sistema de embalado de pallets	9.0
Rinser	Eléctrica	Se apaga bomba de agua de rinser	15.0
Transp. Termo - Paletizadora	Operacional	Ajuste de barandas laterales de transporte de termo a pale	32.5
Paletizadora	Mecánica	Se rompe divisor de máquina	39.7
Paletizadora	Mecánica	Se rompe divisor de máquina	36.9
Paletizadora	Mecánica	Se rompe divisor de máquina	34.5
Calidad	Lamina	Mal empaquetado	21.9
Paletizadora	Operacional	Operador en cierre con montacarguista	9.0
Personal	Transporte	Demora en llegada de buses de Operador de Termo Junior	35.0
Llenadora	Mecánica	Mal sellado de latas	34.3
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	17.1
Paletizadora	Operacional	Operador no espera relevos	7.4
Paletizadora	Operacional	Operador no espera relevos	12.0
Logística	Pallet	Pallet de mayor dimensión no permite accionamiento de sistema	42.0
Logística	Pallet	Pallet de mayor dimensión no permite accionamiento de sistema	20.2
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	16.0
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de latas	14.0
Cambio de formato	C/Formato	Cambio de formato más espumado de llenadora	100.0
Cambio de formato	C/Formato	Cambio de formato más espumado de llenadora	25.0
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Sobrecarga en variadores	14.6
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Sobrecarga en variadores	47.6
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Sobrecarga en variadores	20.7
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Sobrecarga en variadores	27.0
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Sobrecarga en variadores	39.2
Transp. Termo - Paletizadora	Eléctrica	Sobrecarga en variadores	12.1
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	17.5
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de latas	9.9
Logística	Montacargas	Ausencia de montacargas	18.0
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	7.0
Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	11.5

Proceso	Cerveza	Falta de cerveza	173.0
Depaletizadora	Mecánica	Rotura de faja de transferidor	24.3
Depaletizadora	Mecánica	Rotura de faja de transferidor	60.0
Depaletizadora	Mecánica	Rotura de faja de transferidor	20.3
Paletizadora	Mecánica	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	8.3
Llenadora	Mecánica	Llenado de bajo nivel por baja presión de aire	22.7
Cambio de formato		Cambio el formato + Limpieza	18.0
Cambio de formato		Cambio el formato + Limpieza	81.9
Transp. Codificador - Termo	Mecánica	Ajuste en el voltador de la salida del codificador	17.5
Paletizadora	Mecánica	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	24.3
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	11.8
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	8.7
Cambio de formato		Cambio de formato de 355ml a 473ml	15.0
Cambio de formato		Cambio de formato de 355ml a 473ml	90.0
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	12.4
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	12.2
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	14.7
Llenadora	Mecánica	Falla Sistema abre válvulas	60.0
Llenadora	Mecánica	Falla Sistema abre válvulas	60.0
Cambio de formato		Cambio de formato de 473 a 355ml - Light	35.0
Cambio de formato		Cambio de formato de 473 a 355ml - Light	60.0
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso a formación de camas	10.7

Anexo 8. Consolidado de paradas de máquina – Noviembre 2021

Equipo	Tipo de falla	Descripción de parada	Tiempo
Llenadora	Mecánica	Bajo nivel de llenado	89.3
Llenadora	Mecánica	Bajo nivel de llenado	32.3
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	24.6
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	15.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	23.1
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	5.4
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	7.2
Paletizadora	Mecánica	Se detecta polín sobresalido	60.0
Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	8.3
Paletizadora	Mecánica	Estrellamiento de paquetes	13.9
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	16.6
Paletizadora	Mecánica	Estrellamiento de paquetes	29.8
Inspector de Nivel 01	Eléctrica	Calibración de inspector	34.3
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	17.3
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	13.6
Paletizadora	Mecánica	Falla en paletizado de paquetes, sobresale de pallet	8.5
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de latas a llenadora	6.9
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	10.0
Paletizadora	Mecánica	Falla en paletizado de paquetes, sobresale de pallet	17.9
Paletizadora	Mecánica	Falla en paletizado de paquetes, sobresale de pallet	13.0
Paletizadora	Mecánica	Falla en paletizado de paquetes, sobresale de pallet	31.9
Paletizadora	Mecánica	Falla en paletizado de paquetes, sobresale de pallet	12.4
Termo	Operacional	Operador se retira antes del relevo	11.6
Paletizadora	Mecánica	Estrellamiento de paquetes	18.5
Paletizadora	Mecánica	Estrellamiento de paquetes	22.2
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	7.0
Paletizadora	Mecánica	Estrellamiento de paquetes	19.1
Paletizadora	Mecánica	Estrellamiento de paquetes	16.6
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	31.2
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	8.5
Paletizadora	Mecánica	Estrellamiento de paquetes	19.8
Paletizadora	Mecánica	Estrellamiento de paquetes	18.1
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	27.7
Paletizadora	Mecánica	Estrellamiento de paquetes	37.0
Termo	Operacional	Ajuste para empaquetado de lámina Tiger	21.9
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	16.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	20.0

Termo	Mecánica	Falla en faja de salida de termo	25.9
Termo	Mecánica	Falla en faja de salida de termo	18.5
Termo	Operacional	Operador se retira antes del relevo	10.0
Termo	Mecánica	Falla en faja de salida de termo	30.0
General Packaging	Operacional	Falla de faja de transporte N° 70	19.2
Depaletizadora	Eléctrica	Falla eléctrica en máquina	28.4
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Rotura de eje de subida a paletizadora	35.4
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Rotura de eje de subida a paletizadora	36.7
Termo	Mecánica	Se detecta ruido extraño en faja curva de salida de termo	19.9
Termo	Mecánica	Se detecta ruido extraño en faja curva de salida de termo	25.7
Depaletizadora	Mecánica	Se rompe cadena de transferidor	49.0
Depaletizadora	Mecánica	Se rompe cadena de transferidor	60.0
Depaletizadora	Mecánica	Se rompe cadena de transferidor	40.6
Paletizadora	Operacional	Operador en cierre con montacarguista	10.0
Embaladora de pallet	Mecánica	Se rompen pernos de sujeción de reductor de cadena	27.5
Embaladora de pallet	Mecánica	Se rompen pernos de sujeción de reductor de cadena	49.3
Rinser	Eléctrica	Falla bomba de rinser	60.0
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Latas rotas, se completa guía lateral de alimentación a Tecmi	12.2
Paletizadora	Operacional	Paquetes mal formados en pallets	7.2
Paletizadora	Operacional	Paquetes mal formados en pallets	0.0
Paletizadora	Operacional	Paquetes mal formados en pallets	14.9
Warmer	Eléctrica	Se apaga transporte interior de Warmer	0.0
Llenadora	Mecánica	Falla en sistema	39.6
Paletizadora	Mecánica	Estrellamiento de paquetes	10.0
Paletizadora	Operacional	Operador e cierre con montacarguista	10.9
Paletizadora	Mecánica	Estrellamiento de paquetes	10.0
Termo	Operacional	Demora en llegada de personal a línea	6.5
Alimentador de tapas	Eléctrica	Falla en sensor de tapas	6.0
Llenadora	Mecánica	Falla de válvula de llenado	22.2
Alimentador de tapas	Eléctrica	Falla en sensor de tapas	19.6
Paletizadora	Operacional	Demora en llegada de personal a línea	8.1
Llenadora	Operacional	Ajuste de cambio de formato por atascamiento de latas	51.7
Llenadora	Operacional	Ajuste de cambio de formato por atascamiento de latas	49.3
Llenadora	Operacional	Ajuste de cambio de formato por atascamiento de latas	38.0
Paletizadora	Operacional	Operador e cierre con montacarguista. Demora en llegar.	30.8
Llenadora	Mecánica	Cambio de ventubes de válvula 33	27.8

Llenadora	Mecánica	Constante traba de latas en salida de llenadora	12.7
Llenadora	Mecánica	Constante traba de latas en salida de llenadora	29.9
Llenadora	Mecánica	Constante traba de latas en salida de llenadora	34.1
Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	12.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Traba constante de tapas	8.7
Llenadora	Mecánica	Constante traba de latas en salida de llenadora	13.4
Llenadora	Mecánica	Constante traba de latas en salida de llenadora	22.1
Rinser	Eléctrica	Falla por alarma de ingreso de latas	11.8
Rinser	Eléctrica	Falla por alarma de ingreso de latas	44.6
Codificador	Codi	Falta de solución limpiadora	10.9
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	6.4
Paletizadora	Operacional	Demora en llegada de operadores	25.0
Paletizadora	Operacional	Operador en cierre con montacarguista	7.2
Codificador	Codi	Falta de solución limpiadora	19.8
Termo	Mecánica	Traba de cadena de ingreso a termo	34.9
Eléctrica	Rinser	Falla de sensor de rinser	25.7
Eléctrica	Rinser	Falla de sensor de rinser	21.9
Paletizadora	Operacional	Personal releva fuera de hora	33.9
Depaletizadora	Mecánica	Falla en retiro de cartones por oscilación de eje, se cambia bocina	19.7
Depaletizadora	Mecánica	Falla en retiro de cartones por oscilación de eje, se cambia bocina	42.0
Depaletizadora	Mecánica	Falla en retiro de cartones por oscilación de eje, se cambia bocina	16.7
Paletizadora	Operacional	Operador en cierre de producción	6.6
Depaletizadora	Mecánica	Desabastecimiento de latas a llenadora	33.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador	28.6
Paletizadora	Mecánica	Empujador de salida fuera de posición	28.6

Anexo 9. Consolidado de paradas de máquina – Diciembre 2021

Equipo	Tipo de falla	Descripción de parada	Tiempo
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Transporte lleno	24.9
Depaletizadora	Mecánica	Acumulación de paquetes	26.9
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	60.0
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	17.2
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	45.2
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	10.0
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	60.0
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	32.5
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	41.8
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	20.0
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	17.7
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	42.2
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	17.8
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	43.6
Alimentador de tapas	Mecánica	se rompe la faja del motor	32.8
Alimentador de tapas	Mecánica	Traba de tapas en carrilera	14.0
Paletizadora	Operacional	Transporte lleno	21.7
Rinser	Eléctrica	Falla de sensor de rinser	14.6
Transp. Llenadora - Warmer	Mecánica	Trabas en volteador	11.7
Llenadora	Mecánica	Cambio de rola de elevador 50	15.0
Llenadora	Mecánica	Cambio de rola de elevador 50	18.0
Cerradora	Mecánica	Ralladura de lata en cerradora	29.3
Cerradora	Mecánica	Ralladura de lata en cerradora	36.6
Cerradora	Mecánica	Ralladura de lata en cerradora	36.6
Cerradora	Mecánica	Ralladura de lata en cerradora	36.6
Cerradora	Mecánica	Ralladura de lata en cerradora	35.6
Cerradora	Mecánica	Ralladura de lata en cerradora	47.2
Cerradora	Mecánica	Ralladura de lata en cerradora	28.5
Cerradora	Mecánica	Ralladura de lata en cerradora	35.7
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Atascamiento de paquetes	20.5
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Atascamiento de paquetes	26.6
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Atascamiento de paquetes	10.0
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Atascamiento de paquetes	10.0
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Atascamiento de paquetes	12.1
Llenadora	Mecánica	Falla sistema de dosificación de CO2	52.3
Termo	Mecánica	Falla sistema de dosificación de CO2	31.7

Termo	Mecánica	Falla sistema de dosificación de CO2	59.6
Llenadora	Mecánica	Falla de válvulas de llenado 22,74.84	51.7
Llenadora	Mecánica	Falla de válvulas de llenado 22,74.84	15.3
Llenadora	Mecánica	Falla de válvulas de llenado 22,74.84	16.6
Llenadora	Mecánica	Falla de válvulas de llenado 22,74.84	22.3
Llenadora	Mecánica	Falla de válvulas de llenado 22,74.84	11.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Traba de tapas en carrilera	10.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Traba de tapas en carrilera	10.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Traba de tapas en carrilera	10.0
Paletizadora	Operacional	Operador en cierre con montacarguista	10.8
Paletizadora	Operacional	Falla de paletizado por empujador suelto	28.3
Paletizadora	Operacional	Falla de paletizado por empujador suelto	49.5
Alimentador de tapas	Mecánica	Cuchilla no corta cartuchos	28.0
Inspector de Nivel 01	Eléctrica	Inspector de nivel falla y rechaza latas en buen estado	16.3
Termo	Operacional	Operador en cierre con montacarguista	19.0
Llenadora	Mecánica	Falla con saturación de CO2	5.9
Termo	Operacional	Falla de empaquetado por uso de bobina errada	18.9
Termo	Operacional	Falla de empaquetado por uso de bobina errada	31.2
Termo	Operacional	Falla de empaquetado por uso de bobina errada	14.7
Llenadora	Mecánica	Traba de lata en salida de llenadora	43.6
Llenadora	Mecánica	Traba de lata en salida de llenadora	36.2
Alimentador de tapas	Mecánica	Se rompe soporte de alimentador de tapas	34.8
Codificador	Eléctrica	Regulación de codificador	13.5
Llenadora	Mecánica	Ajuste de cadena por desincronismo de máquina	60.0
Llenadora	Mecánica	Ajuste de cadena por desincronismo de máquina	60.0
Llenadora	Mecánica	Ajuste de cadena por desincronismo de máquina	38.5
Alimentador de tapas	Mecánica	Traba de tapas en carrilera	13.1
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en guías de ingreso	9.2
Alimentador de tapas	Mecánica	Traba de tapas en carrilera	6.1
Transp. Codificador - Termo	Eléctrica	Constante caída de latas en volteador de salida de codificador	6.7
Transp. Codificador - Termo	Eléctrica	Constante caída de latas en volteador de salida de codificador	9.9
Transp. Codificador - Termo	Eléctrica	Constante caída de latas en volteador de salida de codificador	24.8
Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en entrada a máquina	13.0
Codificador	Eléctrica	Falla de impresión	11.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador de tapas	45.5
Alimentador de tapas	Mecánica	Constante traba de tapas en alimentador de tapas	45.2


Anexo 10. Consolidado de paradas de máquina – Enero 2022

Equipo	Tipo de falla	Descripción de parada	Tiempo
Embaladora de pallet	Mecánica	Falla en sistema de polines de pallets	13.6
Transp. Termo - Paletizadora	Mecánica	Rotura de latas en tramo de termo a paletizadora	10.0
Paletizadora	Operacional	Se pasan paquetes y detiene envasado	9.5
Depaletizadora	Operacional	Retiro de cartones, genera desabastecimiento a llenadora,	7.0
Depaletizadora	Operacional	Pallet sin cortar zuncho ni retiro de marco ingresa a Despa	7.3
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento por pérdida de secuencia	7.0
Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	7.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	5.0
Paletizadora	Operacional	Se pasan paquetes y detiene envasado	11.1
Paletizadora	Operacional	Se pasan paquetes y detiene envasado	21.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	5.8
Depaletizadora	Operacional	Retiro de marcos y cartones, genera desabastecimiento a llenadora,	8.7
Depaletizadora	Eléctrica	Pérdida de secuencia	7.0
Termo	Mecánica	Falla de empaquetado	14.1
Codificador	Eléctrica	Latas sin codificar, reinicio de codificador	21.0
Codificador	Eléctrica	Latas sin codificar, reinicio de codificador	36.1
Transp. Warmer - Codificador	Mecánica	Traba en curva, entrada de volteador	6.0
Transp. Warmer - Codificador	Eléctrica	Se para transporte, se ponen latas sin código en transporte	7.6
Paletizadora	Operacional	Paquetes rotos dentro de paletizadora, se procede a limpiar	7.2
Transp. Termo - Paletizadora	Operacional	Atascamiento de producto en curva 3, paquetes reventados, retiro manual	8.0
Transp. Termo - Paletizadora	Operacional	Atascamiento de producto en curva 3, paquetes reventados, retiro manual	30.0
Transp. Termo - Paletizadora	Operacional	Atascamiento de producto en curva 3, paquetes reventados, retiro manual	23.5
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de lata a llenadora	19.1
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	7.0
Termo	Eléctrica	Falla variador	58.0
Termo	Eléctrica	Falla variador	54.5
Depaletizadora	Operacional	Desabastece envase	8.6
Paletizadora	Operacional	Paletizadora: Operador en corte de producción	14.0
Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	20.0
Paletizadora	Operacional	Se pasan paquetes y detiene envasado	11.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	5.8
Termo	Operacional	Paquetes mal armados	15.0
Llenadora	Eléctrica	Presión insuficiente para válvula de llenado	30.2

Inspector de Nivel	Operacional	Traba de latas bajas de nivel	12.0
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de envase a llenadora	8.0
Codificador	Eléctrica	Revisión de equipo	10.0
Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	27.9
Transp. Llenadora - Warmer	Eléctrica	Se apagan todos los transportes	54.0
Llenadora	Eléctrica	Presión insuficiente para válvula de llenado	51.4
Llenadora	Eléctrica	Presión insuficiente para válvula de llenado	53.6
Transp. Llenadora - Warmer	Eléctrica	Se apagan todos los transportes	20.0
Paletizadora	Operacional	Paletizadora: Operador en corte de producción	10.7
Embaladora de pallet	Operacional	Pallet atascado en salida de Paletizadora	7.6
Embaladora de pallet	Mecánica	Pallet atascado en salida de Paletizadora	15.2
Depaletizadora	Operacional	Lata mal claseada, lata chancada, atascamiento en estrella de llenadora	7.4
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	40.0
Inspector de Nivel	Operacional	Falta de Terceros en apoyo	7.0
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de latas	5.0
Inspector de Nivel	Operacional	Falta de Terceros en apoyo	5.0
Depaletizadora	Operacional	Desabastecimiento de latas	6.5
Inspector de Nivel	Operacional	Falta de Terceros en apoyo	8.9
Inspector de Nivel	Operacional	Falta de Terceros en apoyo	15.0
Termo	Eléctrica	Sensor apagado, inicio manual	13.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	9.3
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, canal de tapas zona media	6.4
Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	10.3
Transp. Warmer - Codificador	Mecánica	Se traba cadena de warmer a codificador	28.0
Termo	Operacional	Demora de relevo	12.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, entrada de cerradora	5.8
Warmer	Eléctrica	Transporte parado	5.2
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, entrada de cerradora	8.0
Paletizadora	Operacional	Se cae pallet dentro de máquina	10.7
Depaletizadora	Eléctrica	Desabastecimiento de latas	8.3
Transp. Termo - Paletizadora	Operacional	Traba de paquetes en curva 1	10.7
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, entrada de cerradora	8.5
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, entrada de cerradora	6.0
Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	13.0
Alimentador de tapas	Mecánica	Atascamiento de tapa en carrilera de abastecimiento, entrada de cerradora	6.0
Paletizadora	Mecánica	Falla en araña porta cartón, revisión manual	42.1
Paletizadora	Mecánica	Falla en araña porta cartón, revisión manual	23.8

Termo	Operacional	Demora en cambio de bobina	31.2
Codificador	Operacional	Latas atascadas constantemente en volteador, genera acumulación de producto	7.9
Alimentador de tapas	Operacional	Atrapamiento de cartón, impide proceso de abastecimiento de tapas	8.8
Alimentador de tapas	Operacional	Tapa volteada en parte superior derecha, impide abastecimiento de tapas	12.7
Paletizadora	Eléctrica	Falla en variador, se activa manualmente	11.0

Anexo 11. Cuestionario para Análisis de modos de falla - RCM

		Cuestionario de RCM		PLANTA HUACHIPA
		PE.ENV.FOR	Nº Revisión: 0	
FECHA:			MÁQUINA:	
TURNO:	1	2	OPERADOR:	
Nº	Pregunta		Respuesta	
1	¿Cuáles son las funciones y los niveles de rendimiento del equipo?			
2	¿Cómo puede fallar el equipo en su función?			
3	¿Cuáles son los modos de falla más frecuentes?			
4	¿Cuáles son las causas de cada modo de fallo?			
5	¿Cuáles son las consecuencias de cada modo de fallo?			
6	¿Qué se puede/debe hacer para prevenir los fallos?			
7	¿Qué hacer si la prevención falla?			
Elaborado por: Jesús Aliaga		Revisado: Ing. Becker Epiquien		Aprobado: Ing. Erick Cuayla