



**Análisis de tiempos muertos en las líneas de producción de HOT MELT de la empresa HB
FULLER y documentación de parámetros en empacadora 1A.**

Semestre de industria.

Maryelly Mazo Trujillo

Trabajo de grado presentado para optar por título de Ingeniera Industrial

Asesor

Janeth Jaramillo Londoño, Especialista en Gerencia con Énfasis en Calidad

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Medellín

2024

Cita	(Mazo Trujillo, 2024)
Referencia	Mazo Trujillo, M. (2024). <i>Análisis de tiempos muertos en las líneas de producción de Hot Melt de la empresa HB FULLER y documentación de parámetros en empacadora 1A, 2024</i> . [Semestre de industria]. Universidad de Antioquia, Medellín.
Estilo APA 7 (2020)	



Gerente de planta HB Fuller Colombia: Edwin Álvarez Rieder

Asesor Externo: León Montoya



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Julio Cesar Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: Mario Alberto Gaviria Giraldo.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mí y a mi familia

A mí; “A ti Marye, a tu esfuerzo, a tu paciencia, a tus ganas de salir adelante, porque el camino no ha sido fácil, lo lograste a pesar de las dificultades que tuviste que atravesar a lo largo del camino”.

A mi papá Manuel, por ser mi apoyo incondicional, por impulsarme y acompañarme en este largo viaje de aprendizajes y retos cumplidos. Por estar presente en cada paso, en cada lagrima, en cada triunfo, en cada alegría y en cada derrota, demostrando una vez más que los sueños si se cumplen y que de su mano podría caminar en esta y mil vidas más.

A mi compañero de viaje, Javier, por su comprensión infinita, por su paciencia en esas largas noches de trasnocho, por su ayuda incondicional, por no dejarme desfallecer ante los obstáculos que se presentaron.

A mi tío Ramón que siempre estuvo ahí dándome palabras de aliento y apoyándome en cada una de las dificultades que se me presentaron a lo largo del camino.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco primero a Dios y la Virgen que me permitieron llegar hasta aquí, guiándome y dándome la fortaleza necesaria para completar esta etapa.

Agradezco a mi alma Mater por ser ese lugar donde tuve la oportunidad de formarme con todas las herramientas necesarias para llegar al final de esta etapa maravillosa. A los docentes que, durante varios semestres, compartieron su conocimiento y me acompañaron, permitiéndome completar este proyecto con éxito.

A mis compañeros cercanos Natalia, Gloria, Gustavo, Luis, Vero, Lina, Estefa y Nilson, les agradezco por su apoyo constante y por las noches enteras de estudio compartidas. Su compañía fue fundamental para superar los desafíos en nuestra formación.

Agradezco a HB Fuller por brindarme el espacio para realizar mi práctica académica, por la confianza depositada en mí y por permitirme participar en cada proceso de aprendizaje. Un agradecimiento especial a mi asesor León Montoya, Braian y Andrés por su apoyo constante en este proceso de práctica.

Tabla de contenido

Resumen.....	8
Abstract	9
Introducción	10
1. Objetivos	12
1.1 Objetivo general	12
1.2 Objetivos específicos	12
2. Marco teórico	13
3. Metodología	17
3.3 Tercera etapa: Resultados e implementación tablero de control	23
3.3.1 Paros de tiempo representativos por línea 1:	25
3.3.2 Paros de tiempo representativos por línea 2:	37
6. Conclusiones	49
7. Recomendaciones	50
Referencias.....	51
Anexos	52

Lista de tablas

Tabla 1	Tiempos perdidos por equipo mes 1 PACK01	26
Tabla 2	Tiempos perdidos por equipo mes 2 PACK01	28
Tabla 3	Tiempos perdidos por equipo mes 3 PACK01	30
Tabla 4	Tiempos perdidos por equipo PACK01	32
Tabla 5	Posibles planes de acción PACK01	34
Tabla 6	Tiempos perdidos por equipo mes 1 PACK02	37
Tabla 7	Tiempo perdido por equipo mes 2 PACK02.....	39
Tabla 8	Tiempo perdido por equipo mes 3 PACK02.....	41
Tabla 9	Tiempos perdidos por equipo PACK02.....	43
Tabla 10	Posibles planes de acción PACK02	45

Lista de figuras

Figura 1	Base de datos tiempos de inactividad.....	19
Figura 2	Diagrama Ishikawa.....	21
Figura 3	Base de datos anterior Volumen de producción.....	23
Figura 4	Base de datos Volumen descargado (Después).....	23
Figura 5	Tablero de control volumen descargado por mes.....	24
Figura 6	Tablero de control volumen descargado por día.....	24
Figura 7	OEE Acumulado (diciembre 2023 – mayo 2024).	25
Figura 8	Pareto tiempos perdidos por equipo mes 1 PACK01.....	26
Figura 9	Tablero de control mes 1 PACK01.....	27
Figura 10	<i>Pareto tiempos perdidos por equipo mes 2 PACK01</i>	28
Figura 11	<i>Tablero de control tiempos muertos mes 2 PACK01</i>	29
Figura 12	Pareto tiempos perdidos por equipo mes 3 PACK01.....	31
Figura 13	<i>Tablero de control tiempos muertos mes 3 PACK01</i>	31
Figura 14	Pareto tiempos perdidos por equipo resumen PACK01.....	33
Figura 15	Tablero de control tiempos muertos PACK01.....	33
Figura 16	Diagrama parámetros establecidos empacadora 1A.....	36
Figura 17	Tiempo perdido por equipo mes 1 PACK02.....	38
Figura 18	<i>Tablero de control tiempos muertos mes 1 PACK02</i>	38
Figura 19	Pareto minutos perdidos por equipo mes 2 PACK02.....	39
Figura 20	Tablero de control minutos perdidos por equipo mes 2 PACK02.....	40
Figura 21	Pareto minutos perdidos por equipo mes 3 PACK02.....	41
Figura 22	Tablero de control minutos perdidos por equipo mes 3 PACK02.....	42
Figura 23	Pareto minutos perdidos por equipo PACK02.....	44
Figura 24	Tablero de control minutos perdidos por equipo PACK02.....	44

Siglas, acrónimos y abreviaturas

EHS	Environmental, Health & Safety
HOT MELT	Fusión en caliente
KPI	Key performance indicator (Indicador clave de desempeño)
LAMP	Lámpara.
MUDA	Desperdicio
OEE	Overall Equipment Effectiveness.
OIT	Organización internacional del trabajo.
PH	Potencial de hidrógeno.
PLC	Programmable Logic Controller (Controlador lógico programable).
PSA	Pressure sensitive adhesive
RESET	Resetear
SW	Potencia
TR	Transversal

Resumen

En respuesta a la necesidad de mejorar la eficiencia y la calidad en la planta de producción HB Fuller, se propone un proyecto integral que permita realizar un análisis detallado de tiempos muertos en sus dos líneas de producción de adhesivos Hot Melt y con esto, lograr documentar parámetros establecidos para la empacadora 1A con el fin que esta pueda llegar a estandarizarse en las presentaciones de 500 Kg y 1500 Kg por bolsa. El objetivo principal de este proyecto es optimizar los procesos de producción de adhesivos mediante la identificación de tiempos muertos y el análisis detallado de MUDAS (desperdicios) presentadas dentro del proceso de producción. Para lograrlo, se empleará una metodología que incluye el estudio detallado de los procesos actuales, la identificación de puntos de mejora y la implementación de medidas que permitan documentar parámetros que ayuden a estandarizar la empacadora 1A. En primer lugar, se llevará un estudio exhaustivo de los procesos actuales en las líneas de producción de Hot Melt, identificando cuellos de botella y puntos de ineficiencia. A continuación, se llevará a cabo un análisis detallado de los tiempos muertos en ambas líneas de producción para determinar sus causas raíz y su impacto en la producción teniendo en cuenta además los resultados de la eficiencia general de los equipos.

Posteriormente, se procederá a la documentación de parámetros en la empacadora 1A que son una ficha clave para llegar a estandarizar dicha empacadora. Finalmente, se desarrollarán planes de acción específicos para abordar las oportunidades de mejora identificadas durante el análisis de los tiempos muertos. Estos planes podrían incluir la optimización de los procesos de mantenimiento preventivo, la implementación de nuevas tecnologías o la reorganización del flujo de trabajo.

Palabras clave: Estandarización, eficiencia, análisis de datos, tiempos muertos, volumen de producción, OEE, MUDAS, Hot Melt adhesives.

Abstract

In response to the need to improve efficiency and quality at the HB Fuller production plant, a comprehensive project is proposed to conduct a detailed analysis of downtime in its two Hot Melt adhesive production lines and with this, to document established parameters for the 1A packer so that it can become standardized in the presentations of 500 kg and 1500 Kg per bag. The main objective of this project is to optimize adhesive production processes by identifying downtimes and detailed analysis of MUDAS presented in the production process.

To achieve this, a methodology will be employed that includes a detailed study of current processes, the identification of improvement points, and the implementation of document parameters that help standardize the 1A packer. Firstly, an exhaustive study of the current processes in the Hot Melt production lines will be carried out, identifying bottlenecks and points of inefficiency. Next, a detailed analysis of the downtimes in both production lines will be conducted to determine their root causes and the impact on production, also considering the results of Overall Equipment Effectiveness.

Subsequently, the documentation of parameters for the 1A packer, which are a key to its standardization, will be carried out. Finally, specific action plans will be developed to address the improvement opportunities identified during the downtime analysis. These plans could include optimizing preventive maintenance processes, implementing new technologies, or reorganizing workflow.

Keywords: Standardization, efficiency, data analysis, downtime, production volume, OEE, MUDA, Hot Melt adhesive.

Introducción

HB Fuller es una empresa global líder en adhesivos, selladores y recubrimientos especializados. Fundada en 1887 en Estados Unidos por Harvey Benjamín Fuller, cuenta con sedes en diferentes países. Actualmente, cuenta con una sede en la ciudad de Rionegro, en la cual se realiza la producción de dos tipos de adhesivos, a base de aceite (Hot Melt) y a base de agua (Water base).

En un entorno empresarial cada vez más competitivo, la optimización de procesos se ha convertido en un pilar fundamental para garantizar la eficiencia y el éxito sostenible de las organizaciones. En este sentido, la planta de producción HB Fuller se enfrenta al desafío de mejorar la eficiencia en sus líneas de producción de adhesivos. Específicamente, se han identificado las empacadoras como área clave para implementar mejoras significativas.

Por consiguiente, reducir y controlar los tiempos muertos es de vital importancia debido a varios factores. En primer lugar, los tiempos muertos representan una pérdida directa de tiempo y recursos, lo que impacta negativamente en la productividad y la rentabilidad de la empresa. Además, la reducción de los tiempos muertos permite una mejor planificación y utilización de recursos disponibles, contribuyendo a una operación más eficiente.

El objetivo primordial de este proyecto de prácticas es abordar los desafíos específicos que enfrenta HB Fuller en su planta de producción, centrándonos en la definición de parámetros que permitan lograr la estandarización de recetas de 1500 kg y 500 kg en la empacadora 1A y el análisis detallado de los tiempos muertos en sus dos líneas de producción de adhesivos base aceite. Este enfoque busca no solo aumentar la eficiencia operativa, sino también reducir costos y mejorar la calidad del producto final.

Los objetivos específicos de este proyecto incluyen la identificación de áreas de mejora en los procesos, el establecimiento de parámetros que permitan estandarizar la empacadora 1A, determinar posibles cuellos de botella y posibles planes de acción. Teniendo en cuenta lo anterior y para facilitar la visualización de los datos se inició mejorando la plantilla de registro del volumen diario ajustado a tablas dinámicas orientadas a mejorar la visualización de los datos. Acto seguido,

se procede a mejorar el tablero de control de los indicadores para visualizar el flujo de descarga de manera diaria, semanal mensual, etc.

Para lograr estos objetivos, se realizó una base de datos que permitiera visualizar los tiempos de paro relacionados con los procesos (tomados por los operarios de planta), posterior a la búsqueda de la información se analizaron los datos con gráficos de Pareto y diagramas causa-efecto. Además, se generó un tablero de control que permitiera visualizar este análisis. Se identificaron mayormente MUDAS de tiempos de espera relacionadas con los equipos en ambas líneas de producción a las cuales se les generaron posibles planes de acción.

En cuanto a la documentación de parámetros en la empacadora 1A fue crucial el acompañamiento de cada uno de los operarios de planta para poder establecerlos, siendo una pieza clave en esta definición.

Como resultado final de todo lo anterior, se tendrá acceso a un tablero de control implementado para la visualización de los tiempos muertos, los equipos que tienen mayor tiempo de paro, las novedades relacionadas y los kilogramos perdidos aproximadamente según el registro de flujo de cada referencia específica. Se espera también, documentar la definición de parámetros que puedan llegar a estandarizar la empacadora 1A.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Realizar un análisis detallado de los tiempos muertos en las líneas de producción de la empresa H.B Fuller y definir parámetros que permitan lograr la estandarización de recetas en la empacadora 1A.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar puntos de mejora en los procesos mediante un análisis detallado de los tiempos muertos.
- Establecer y documentar parámetros en la empacadora 1A para las recetas de adhesivos, que puedan llegar a estandarizarla.
- Analizar los tiempos muertos mediante la implementación de un tablero de control que permita identificar posibles planes de acción.

2. Marco teórico

La *Gestión de procesos* es una metodología corporativa y de disciplina de gestión, cuyo objetivo es mejorar el desempeño (eficiencia y eficacia) y la optimización de cada uno de los procesos de negocio de una organización, a través de la gestión de los procesos se deben diseñar, modelar, organizar, documentar y optimizar de forma continua (Maldonado, J., 2011). Si lo asociamos con la *estandarización*, esta nos permite lograr que los procesos de producción se realicen de manera igual o similar para mantener la conformidad bajo los mismos parámetros de control estructurado. Es fundamental para garantizar la consistencia y la calidad en la entrega de productos y servicios a los clientes. Ya que de esta manera se minimiza la variabilidad y se mantienen los estándares de calidad requeridos. Además, al establecer procedimientos uniformes, se facilita la identificación y la corrección de posibles desviaciones, lo que ayuda a reducir los desperdicios, los reprocesos y los costos asociados. (Tafolla, H., 2000).

Al realizar un *análisis de tiempos muertos* nos referimos al análisis de los tiempos perdidos en los procesos productivos que no agregan valor, siendo estas una de las razones que afecta la productividad en las organizaciones. Por ello, se deben analizar estos tiempos perdidos y obtener una mejor rentabilidad en el proceso productivo. Dentro de estos tiempos perdidos podemos encontrar: Espera por falta de materia prima, equipos inactivos, tiempos de cambio entre procesos, fallos en la maquinaria, entre otros. El objetivo principal del análisis de los tiempos muertos es identificar las causas raíz de estos periodos de inactividad y buscar formas de eliminarlos o reducirlos. Al reducir estos, las organizaciones pueden mejorar la eficiencia y la productividad, lo que puede inducir a una reducción de costos y a una mejora en la calidad y el tiempo de entrega del producto. (Silvera, R. Á., & Vasquez, C. C., 2019). Para realizar este análisis entramos a identificar las *MUDAS* que son aquellos desperdicios que no agregan valor al proceso y surgen en el trabajo cotidiano. Este nos da indicios a 7 desperdicios de producción: *Sobreproducción*, este despilfarro se manifiesta cada vez que la producción no responde a la demanda, se refiere a producir productos que en el momento no son necesarios por parte del cliente (no se requieren en el momento para satisfacer la demanda). *Los tiempos de espera*, son esperas de tiempo al recibir materiales, instrucciones de trabajo, órdenes de fabricación, inspecciones, etc. Que hacen que las personas y/o maquinas estén paradas. El *transporte*, corresponde a todos aquellos desplazamientos

innecesarios para apilar, acumular, desplazar materiales, producto en proceso/terminado, personas o herramientas. Incluye, por ejemplo, desplazamientos de un operario a buscar material para procesarlo. Los *procesos innecesarios*, incluyen aquellos procesos ineficientes o inútiles pero que a menudo son aceptados como imprescindibles. Por ejemplo, reprocesos de piezas o de productos.

Los *inventarios*, constituyen un conjunto de materiales o productos que se almacenan sin una necesidad inmediata generando costos de almacenaje y manipulación innecesarias. Los *movimientos innecesarios*, son movimientos improductivos, que no aportan valor al proceso, demasiado lentos o rápidos. También son posiciones o acciones innecesarias o incómodas para los trabajadores y que generan un entorno poco productivo. Por ejemplo, manipulaciones excesivas de material para buscar o que se quiere, o necesidades del operario de inclinarse o agacharse para acceder a ciertos materiales, insumos o herramientas. Y por último los *defectos*, que se asocian a los costes que suponen estos defectos en el producto o el servicio; inspecciones, reparaciones, defectos, entre otros. Se asocia a producir o enviar productos que no cumplen con las especificaciones dadas por el cliente generando procesos innecesarios (Escaida Villalobos, I., Jara Valdés, P., & Letzkus Plavecino, M.; 2016).

Para ello, no es solo importante medir la eficiencia para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado, minimizando el empleo de recursos. Sino también medir la efectividad, mediante OEE (Efectividad General del equipo), este es un enfoque para medir la productividad de los activos, la diferencia la constituyen las pérdidas de tiempo, de velocidad y de calidad. Básicamente, mide la efectividad de las máquinas y líneas a través de un porcentaje que se calcula multiplicando tres elementos asociados al proceso de producción.

- ✓ Disponibilidad: tiempo real de la máquina produciendo.
- ✓ Rendimiento: Producción real de la máquina en un determinado periodo de tiempo.
- ✓ Calidad: Producción generada sin defectos.

Este a su vez, analiza y califica diferentes tipos de pérdidas que pueden producirse dentro del proceso productivo. Donde se definen seis grandes pérdidas, que se nombran a continuación:

A. Disminuciones de disponibilidad: Pérdidas de tiempo.

1. Averías (Primera pérdida): Son fallos inesperados que detienen la producción, pueden ser por causas técnicas u organizativas.
2. Esperas (Segunda pérdida): Reducción del tiempo de producción debido a paradas para cambios, mantenimiento o pausas.

B. Disminuciones de rendimiento: Pérdidas de velocidad

1. Micro paradas (Tercera pérdida): Cortas interrupciones que ralentizan la máquina, causadas por problemas menores como bloqueos en sensores o cintas transportadoras.
2. Velocidad reducida (Cuarta pérdida): Diferencia entra la velocidad actual y la velocidad máxima teórica de la máquina. Frecuentemente se reduce la velocidad para evitar otros problemas.

C. Disminución de la calidad: Pérdidas de calidad.

1. Desechos (Quinta pérdida): Productos que no cumplen con las especificaciones de calidad y no pueden ser reprocesados. Incluye pérdidas durante el arranque y al final de la producción.
2. Retrabajo (Sexta pérdida): Productos que inicialmente no cumplen con las especificaciones de calidad, pero pueden ser reprocesados para alcanzar el estándar requerido.

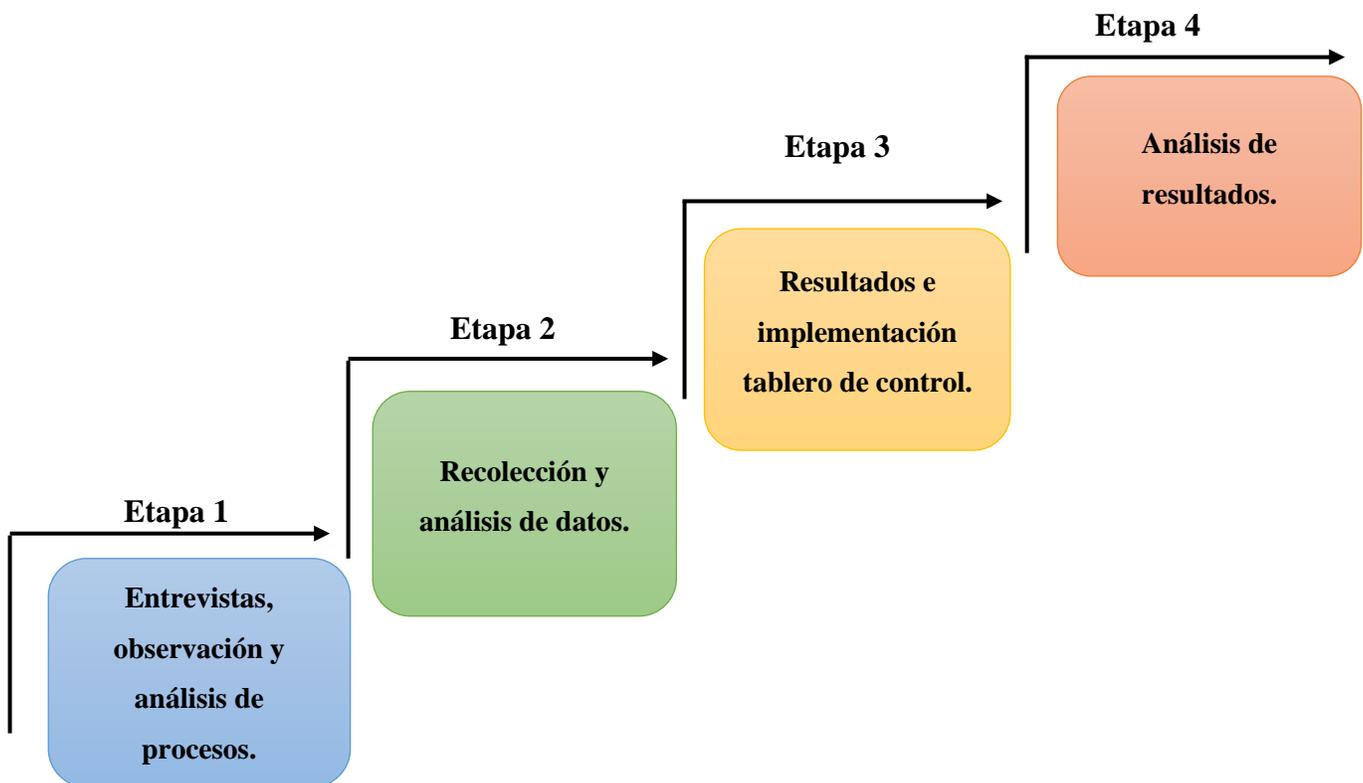
Estas pérdidas afectan la eficiencia general del equipo (OEE) al disminuir la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de producción. (González, H. L. A., 2009).

Otro tipo de herramienta para medir la eficiencia y el desempeño son los *KPI* que son indicadores clave de desempeño que varían según los objetivos clave de cada organización. Permiten reflejar el rendimiento en periodos determinados y así, conocer el desempeño de un proyecto en un tiempo determinado incluso al momento actual. Se pueden tener control constante

de varios indicadores de desempeño que logren medir la eficiencia y la productividad en cualquier proceso. Esto nos permite tomar decisiones basadas en los indicadores clave y visualizar la efectividad de cumplimiento de los objetivos definidos en el plan estratégico de la organización. (Ortiz Buitrago, V., & Pardo López, H. F., 2021). Permitiéndonos llevar un control de los productos generados por la organización y la eficiencia con la cual son producidos (*Volumen de producción*) en este caso los productos adhesivos de Hot Melt que son también conocidos como pegamentos en calientes, básicamente son formulaciones sólidas basadas en polímeros termoplásticos a base de aceite, los cuales adquieren un endurecimiento después de su enfriamiento y suelen ser fundidos a temperaturas entre los 50 y los 160°C. (Paul, C. W., 2003).

3. Metodología

Para desarrollar este proyecto de optimización en los procesos de Hot Melt en la empresa HB Fuller, se empleó un enfoque mixto que integra tanto métodos cuantitativos como métodos cualitativos; se realizan entrevistas y observación a cada uno de los colaboradores para poder conocer y comprender los procesos que allí se realizan, además de un análisis de tiempos en sus paros de producción, también se identificaron tiempos exactos de paro y arranque y las novedades presentadas durante los mismos. Este proyecto se realizó en 4 etapas:



3.1 Primera Etapa: Entrevistas, observación y análisis de procesos.

Cabe resaltar que la participación de los colaboradores fue crucial para llevar a cabo cada una de las etapas de este proyecto. Como se menciona el enfoque de la OIT; el factor humano es uno de los elementos fundamentales en el desarrollo de actividades de la empresa, ya que es por

medio de ellos como la dirección puede controlar la utilización de recursos y la venta de sus productos y servicios. Basados en esto, se realiza un acompañamiento a la planta de producción la mayor parte del tiempo para conocer sus productos adhesivos en las líneas de Hot Melt y así poder interactuar con el proceso comprendiendo cada una de sus etapas: Fabricación, descarga, enfriamiento, secado y empaque. Para ello, se contó con el apoyo de todos los colaboradores de planta, quienes conocen el proceso a cabalidad y compartieron los conocimientos adquiridos durante su estadía en la empresa, identificando los tipos de adhesivos que allí se descargan: EVA, PSA, RM. Estos productos de Hot Melt, son descargados en caliente y adquieren un endurecimiento determinado dependiendo la referencia y las componentes utilizadas para su elaboración. Son fabricados a altas temperaturas basados en un procedimiento específico, para cumplir los requerimientos del cliente a los cuales se les realiza también una prueba de calidad para verificar el cumplimiento de pH, viscosidad y demás variables específicas según las características del cliente.

Este periodo de observación se llevó a cabo inicialmente por un periodo de 4 semanas donde se abordaron los procesos, se interactuó de manera constante con los colaboradores, se revisaron las bases de datos que iban a ser clave para implementar cambios de acuerdo con el jefe de producción, que pudieran mejorar la visualización de los datos en tiempo real y revisar novedades en el instante.

Metodología de las entrevistas: Las entrevistas se centraron en observación y dialogo informal con cada uno de los colaboradores de la planta de producción, con el objetivo de conocer los procesos que se realizan, las referencias específicas, la forma de fabricación, descarga y empaque. Para lograrlo, se realizaron visitas diarias a la planta de producción, interactuando con cada uno de los colaboradores en los diferentes turnos.

En general, dentro de las entrevistas, se trataron temas en cuánto a la descarga del producto, donde los colaboradores manifestaron que, en la planta se producen varias referencias en ambas líneas, donde unas son más viscosas que otra y esta característica hace que la descarga se dificulte. Manifiestan también que hay muchos equipos con falencias a las cuales ya les han hecho reiteradamente órdenes de servicio de las cuales, no han tenido aún intervención por parte del

equipo de mantenimiento. En cuanto a las empacadoras, manifiestan que la 1A y 1B, tienen varios volquetes fuera de servicio lo que hace que no trabajen al 100% de su capacidad, además, que los *pillows* en algunas referencias específicas se pegan mucho entre sí, sobre todo, cuándo hay días demasiado soleados. Finalmente, manifiestan que algunas referencias son muy difíciles de cerrar debido a que el producto baja muy frío y cuándo baja muy caliente, la empacadora a veces muerde. Por lo cual indican que, se debe nivelar muy bien la temperatura a la que baja el producto para que pueda facilitar el empaque.

3.2 Segunda etapa: Recolección y análisis de datos.

En esta etapa se emprendió un riguroso análisis de tiempos muertos en las dos líneas de producción de adhesivos Hot Melt dentro de la planta HB Fuller de Rionegro, estos tiempos fueron tomados por los operarios de empaque, acompañados y monitoreados por los supervisores y la practicante de producción. En este estudio no solo se busca cuantificar los momentos de inactividad, sino también identificar las causas subyacentes y proponer estrategias para mitigarlos.

A lo largo de este periodo de recolección y análisis de datos, se registraron meticulosamente los tiempos de actividad y los intervalos de inactividad en el proceso de producción (**Figura 1**).

Figura 1
Base de datos tiempos de inactividad

Fecha	Seman	Día	Mes	Línea	Referencia product	Kg/h estand	Hora ini	Minuto inicio	Hora fin	Minuto fin	Clasificación	Equipo	Novedad	Descripción de la novedad	T. Minuto	T. Hora	T. Kg perdido
11/03/2024	11 lun	mar	PACK001	5246	1800	6	30	9	0	Changeover	Línea de descarga	Lavado/Limpieza de equipos	Lavado de tanques del agua	150	2,5	4500	
11/03/2024	11 lun	mar	PACK001	5246	1800	9	0	10	40	Mixing Capacity	Mezclador	Arranque de planta	Fabricación de primer lote por arranque de	100	1,6666667	3000	
11/03/2024	11 lun	mar	PACK001	5246	1800	10	40	11	0	Breakdown	Empacadora A	Obstrucción con producto	Acumulación de producto y obstrucción en	20	0,3333333	600	
11/03/2024	11 lun	mar	PACK001	5246	1800	11	15	11	40	Breakdown	Empacadora A	Obstrucción con producto	Acumulación de producto y obstrucción en	25	0,4166667	750	
11/03/2024	11 lun	mar	PACK001	5246	1800	13	10	13	40	Breakdown	Empacadora A	Obstrucción con producto	Acumulación de producto y obstrucción en	30	0,5	900	
11/03/2024	11 lun	mar	PACK001	1414	1800	14	30	16	30	Changeover	Línea de descarga	Lavado/Limpieza de equipos	Limpieza de sistema por cambio de referenc	120	2	3600	
11/03/2024	11 lun	mar	PACK001	1414	1800	16	45	17	0	Breakdown	Empacadora A	Obstrucción con producto	Acumulación de producto y obstrucción en	15	0,25	450	
12/03/2024	11 mar	mar	PACK001	1414	1800	19	30	20	28	Mixing capacity	Mezclador	Fabricación mayor a descarga	transferencia + vacío	58	0,9666667	1740	
12/03/2024	11 mar	mar	PACK001	1414	1800	22	45	23	45	Breakdown	Empacadora A	Falla/Problema mecánico	Cambio de cintas, ferro niquel y calibrador	60	1	1800	
12/03/2024	11 mar	mar	PACK001	1414	1800	1	5	1	22	Mixing capacity	Mezclador	Fabricación mayor a descarga	Vacío	17	0,2833333	510	
12/03/2024	11 mar	mar	PACK001	1414	1800	3	40	4	10	Changeover	Línea de descarga	Lavado/Limpieza de equipos	Limpieza de sistema por cambio de referenc	30	0,5	900	
12/03/2024	11 mar	mar	PACK001	7268	1600	4	10	5	45	Breakdown	Pillow Machine	Ajuste de equipo	Rectificación de rodillo, alineacion, ajuste c	95	1,5833333	2533,3333	
12/03/2024	11 mar	mar	PACK001	9254	1350	9	5	9	35	Changeover	Línea de descarga	Lavado/Limpieza de equipos	Limpieza de sistema por cambio de referenc	30	0,5	675	
12/03/2024	11 mar	mar	PACK001	9254	1350	9	35	9	45	Quality	Línea de descarga	Inspección de línea y/o proceso	Revisión de sistema por cambio de referenc	10	0,1666667	225	

Dentro de la base de datos se incluye fecha, semana, día, línea, referencia, hora de inicio y hora final, clasificación, equipo, novedad y descripción de la novedad. Dentro de la clasificación encontramos las siguientes:

Breakdown: Son paros relacionados con daños en los equipos, que generan paro en la línea de producción.

Mixing capacity: Cuando la fabricación demora más que la descarga, por ende, se genera paro en la línea de producción de descarga por tiempo de fabricación del producto.

Changeover: Son paros asociados a la producción como tal: Cambios de referencia, limpieza o lavado de equipos, etc.

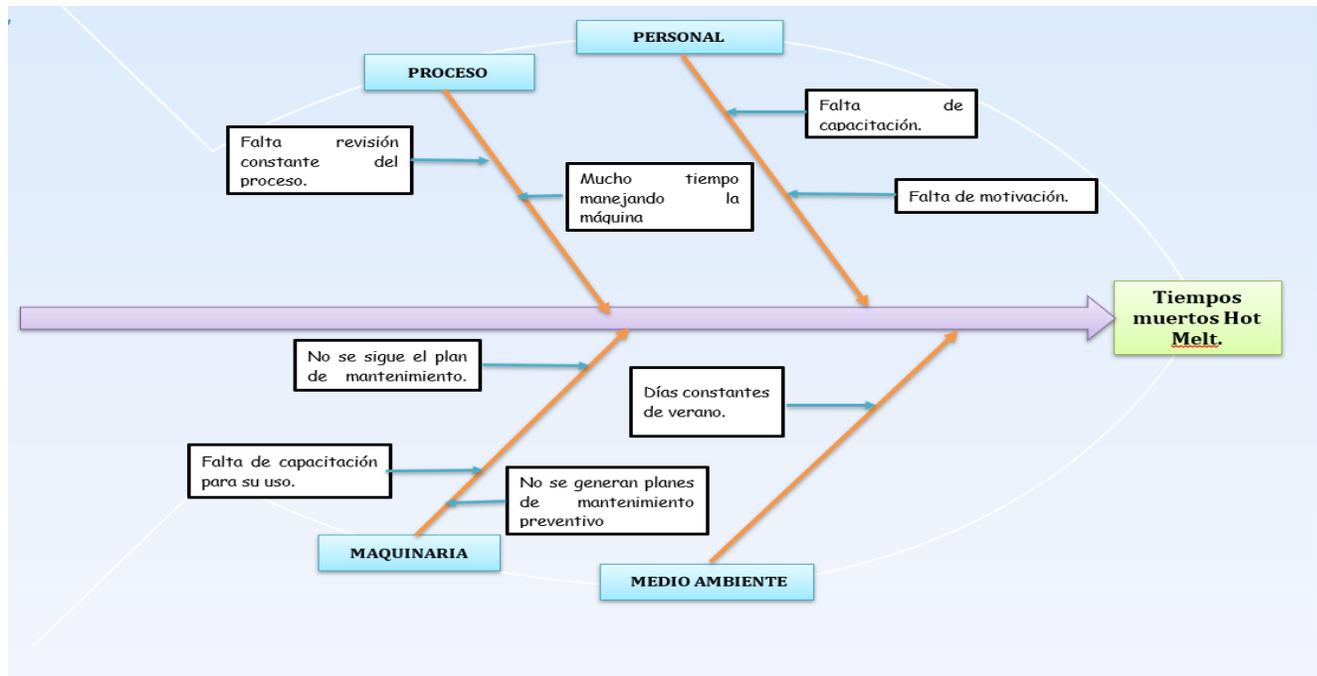
Quality: Paros asociados a calidad. Por ejemplo: Cuando el producto está saliendo con aire, mojado (Inspecciones de la línea como tal o el producto) o cuando el producto no cumple con las especificaciones.

Utilities: Relacionados con la energía eléctrica (cuando se corta o se va la energía).

Scheduling/Staging: Falta de Materia prima.

Veamos con un diagrama Ishikawa la relación de las posibles causas asociadas:

Figura 2
Diagrama Ishikawa



Para optimizar la interpretación de los datos de análisis y proporcionar una visión más clara y accesible, se ha desarrollado un tablero de control utilizando la herramienta Power BI. Este tablero está diseñado para ofrecer una representación visual e interactiva de los datos, facilitando así la identificación de patrones y la toma de decisiones informadas.

El tablero de control incluye varios elementos clave:

- **Total de horas perdidas por equipo:** Este componente muestra la desagregación de las horas perdidas por cada equipo en la planta de producción. Permite identificar cuáles equipos están experimentando mayores tiempos de inactividad y así priorizar acciones correctivas.

- **Total general de horas perdidas:** Aquí se presenta la sumatoria de todas las horas pérdidas acumuladas por todos los equipos. Esta métrica proporciona una visión global del tiempo de inactividad en la planta, ayudando a evaluar el impacto general en la eficiencia de producción.

- **Total horas perdidas por equipo:** Este presenta la sumatoria de las horas pérdidas acumuladas por todos los equipos.

- **Total de Kg perdidos:** Es el total de Kg que se dejaron de producir de manera acumulada en cierto periodo de tiempo. Proporciona una medida directa del impacto en la producción en términos de volumen perdido.

- **Clasificación:** Me muestra los tiempos perdidos por cada una de las clasificaciones anteriormente mencionadas.

Además, se utilizaron diagramas de Pareto 80/20 para el análisis de los datos. Esta técnica permite identificar cuáles son las causas más significativas de pérdida de tiempo, basándose en el principio de que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas. Así, se puede enfocar el esfuerzo en solucionar problemas que tendrán el mayor impacto en la mejora de la eficiencia.

La creación de este tablero de control tomó aproximadamente 4 semanas. Este periodo incluyó la recopilación de datos, el diseño del tablero, y la configuración de las visualizaciones para asegurar que la información presentada fuera precisa y útil.

Estas pérdidas considerables en el proceso de producción, son compartidas semanalmente a los directivos y socializada a cargo de los supervisores de manera diaria en las reuniones de producción, donde participan las demás áreas (calidad, mantenimiento, EHS). De este modo, las áreas involucradas, especialmente mantenimiento, pueden tomar correctivas en los paros más significativos.

3.3 Tercera etapa: Resultados e implementación tablero de control

Dentro de las bases de datos modificadas están el volumen de producción (**Figura 3**) y el tablero de control de los indicadores (**Figura 4**), el cual hace un acumulado mensual (**Figura 5**), se estableció para que proporcionara también un indicador diario y semanal (**Figura 6**), y de esta manera tener una visualización de los datos más constante y poder transmitirlos de manera diaria.

Se presentan las siguientes bases de datos modificadas y aprobadas por el líder de producción:

Figura 3

Base de datos anterior Volumen de producción

TONELADAS DESCARGADAS POR DÍA EN HOT MELT														
Fecha de producción	Día del mes	Ton	Equipo de trabajo	PSA/EVA/WB	REFERENCIA L01	Kg por Día	PSA/L01	REFERENCIA L02	Kg por Día	Total Ambas líneas L01/L02	WB	REFERENCIA	TOTAL 12 Horas DCA/EVA/WB	Observaciones
5/02/2024			T4	Equipo Grajales	9378	4150	3000	PHPS025				BRAS3801		90 Cuñetes
5/02/2024	1,0	T5	Equipo Bryan	8057	4150	17435	8300	8515/6313/8604	11300	28735			30535	1896 Kg de RM6313
6/02/2024			T4	Equipo Grajales	7425	8604	12825	8604/5246			7000	IPALCOLL LP2613		
6/02/2024	2,0	T5	Equipo Parra	15915	8604/8220	23340	17550	5246	30375	53715			60715	
7/02/2024			T4	Equipo Grajales	14730	8220	16050	5246			3000	IPALCOLL IP2934		
7/02/2024	3,0	T5	Equipo Parra	18075	8220	32805	19050	5246	35100	67905			70905	
8/02/2024			T4	Equipo Grajales	15025	8220/4138	18600	5246			1780	PWL5066		
8/02/2024	4,0	T5	Equipo Parra	8325	4138	23350	17550	5246	36150	59500			61280	
9/02/2024			T4	Equipo Bryan	7545	4138	14550	5246						
9/02/2024	5,0	T5	Equipo Parra	11940	8500	19485	15060	5246	29610	49095			49095	
10/02/2024			T4	Equipo Bryan			0	2500	1002	2500			2500	
12/02/2024			T4	Equipo Parra	375	9100	8955	3064/1023		8955	4000	SWIFT TAK 1004		
12/02/2024	6,5	T5	Equipo Grajales	11070	9100	11445	14600	1023	23555	35000			39000	
13/02/2024			T4	Equipo Parra	7200	7330	12795	1023/1042			4600	V-3869-UN		
13/02/2024	7,5	T5	Equipo Bryan	9938	2040/8220/4150	17138	12405	1042/7752	25200	42338			46938	
14/02/2024			T4	Equipo Parra	13782	4150	12600	7752/5246			3300	LP2932		
14/02/2024	8,5	T5	Equipo Bryan	16450	4150	30232	17750	5246	30350	60582			63882	
15/02/2024			T4	Equipo Parra	16875	4150	15825	5246			6600	LP2932		

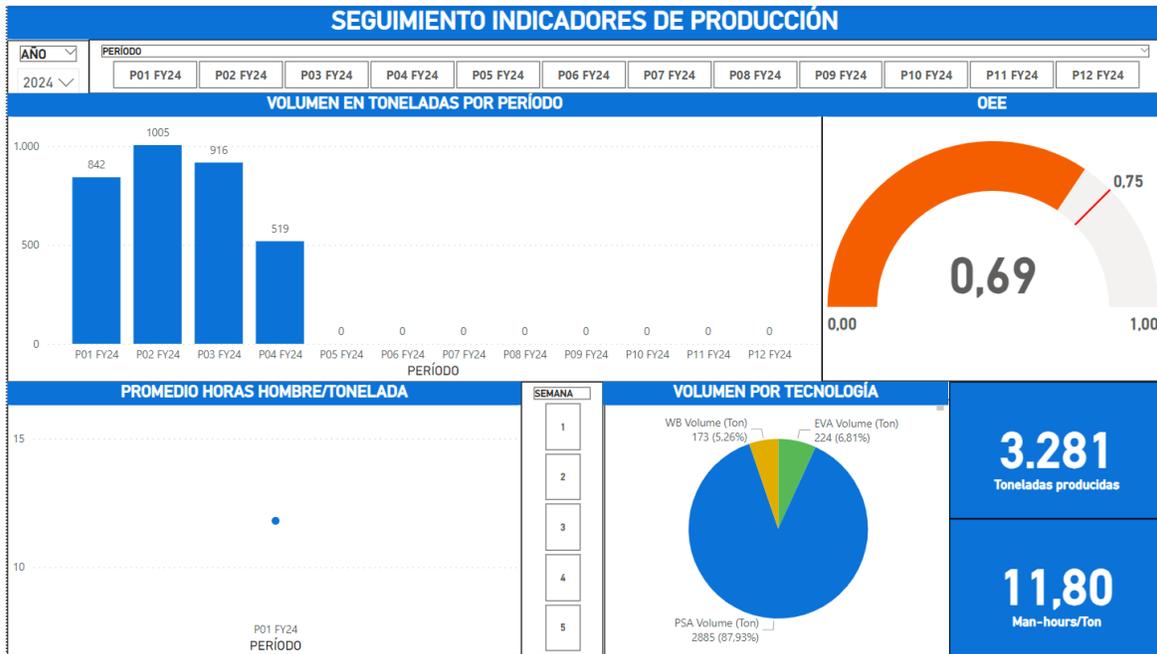
Nota. Fuente: Documentos HB Fuller

Figura 4

Base de datos Volumen descargado (Después)

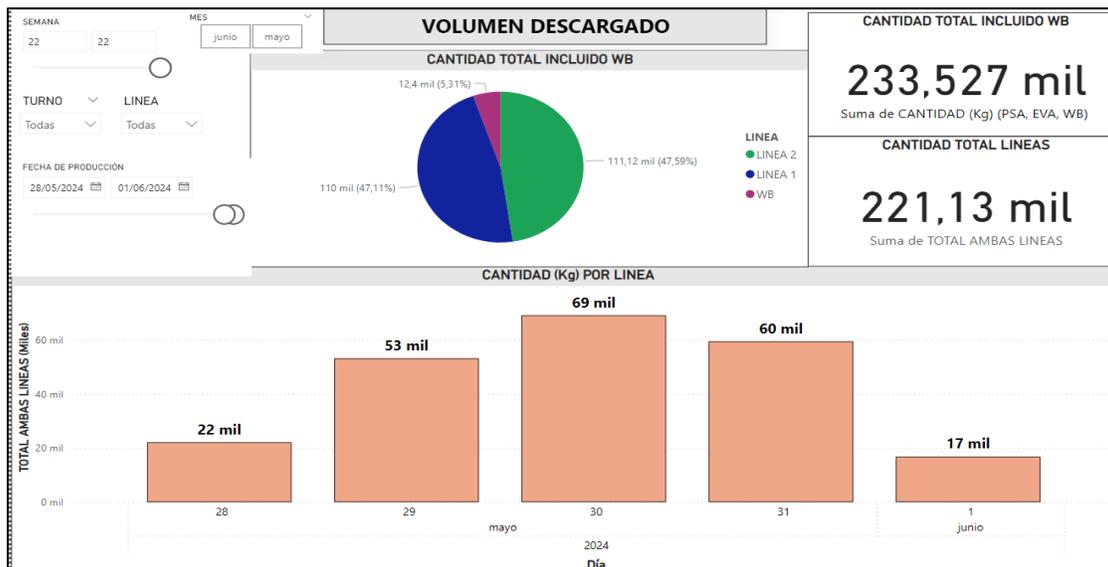
FECHA DE PRODUCCIÓN	DÍA	SEMANA	MES	AÑO	DÍAS LABORADOS	TURNOS	EQUIPO DE TRABAJO	CANTIDAD (Kg) (PSA, EVA, WB)	REFERENCIA	TIPO DE PRODUCTO	LINEA	TOTAL AMBAS LINEAS
6/05/2024	lunes	19	mayo	2024	1	TURNOS DÍA	Equipo Saldarriaga	7312	4150	PSA	LINEA 1	7312
6/05/2024	lunes	19	mayo	2024	1	TURNOS DÍA	Equipo Saldarriaga	8100	8220	PSA	LINEA 2	8100
6/05/2024	lunes	19	mayo	2024	1	TURNOS NOCHE	Equipo Grajales	10540	4150	PSA	LINEA 1	10540

Figura 5
 Tablero de control volumen descargado por mes



Nota. Fuente: Documentos HB Fuller, PBI

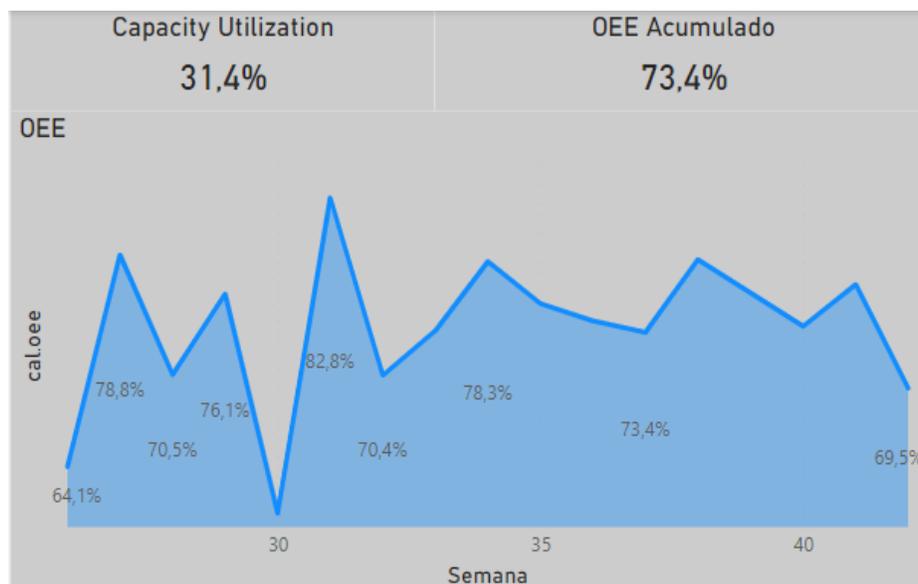
Figura 6
 Tablero de control volumen descargado por día



Además, se llevó a cabo un análisis de las MUDAS presentadas dentro de los procesos encontrando mayormente tiempos de espera por inactividad en las máquinas debido a inspección y reparación. Además, tiempos significativos en lavado y limpieza de equipos, fabricación mayor a la descarga (cuando el producto demora más en fabricarse que en descargarse), arranque de planta, entre otros. Estos paros de tiempo se ven reflejados en el OEE (**Figura 7**) e interfieren en los KPI generando un bajo volumen en la producción.

Figura 7

OEE Acumulado (diciembre 2023 – mayo 2024).



Fuente: HB Fuller.

A continuación, se presentan los paros más significativos, presentados en cada línea de producción:

3.3.1 Paros de tiempo representativos por línea 1:

En el primer mes de seguimiento (11/03/2024 – 10/04/2024), se encontraron paros significativos como se muestra a continuación:

Tabla 1*Tiempos perdidos por equipo mes 1 PACK01*

Equipos	Total, Minutos	% Minutos	% Acum
Mezclador	4179	48,4%	48,4%
Línea de descarga	1791	20,7%	69,2%
Pillow Machine	1263	14,6%	83,8%
Empacadora A	902	10,4%	94,2%
Multicabezal	205	2,4%	96,6%
Shaker	85	1,0%	97,6%
Bomba Vacío	53	0,6%	98,2%
Extrusora	45	0,5%	98,7%
Encintadora	45	0,5%	99,2%
Banda Elevadora	30	0,3%	99,6%
Agua	15	0,2%	99,8%
Filtro decimal	10	0,1%	99,9%
Boquilla	10	0,1%	100,0%
Total	8633		

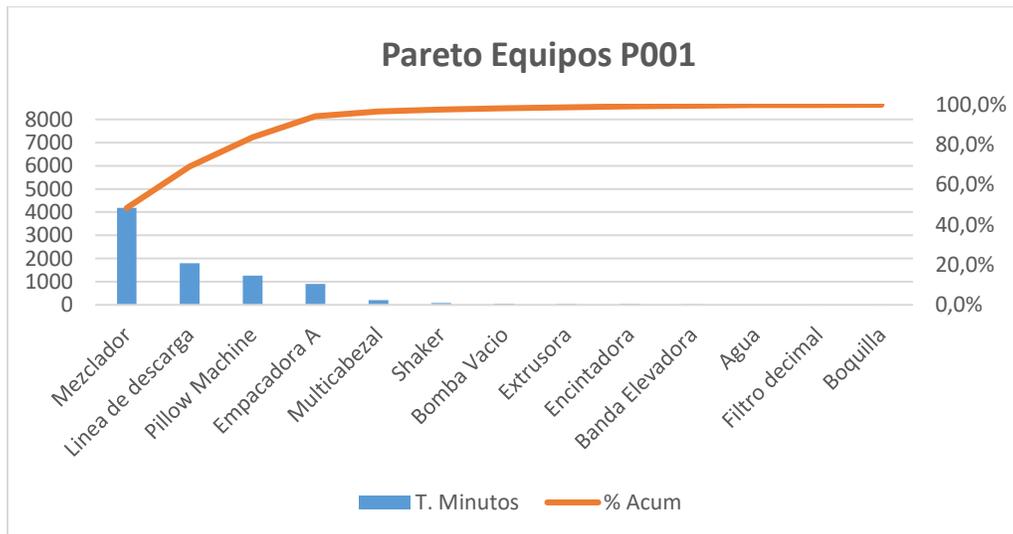
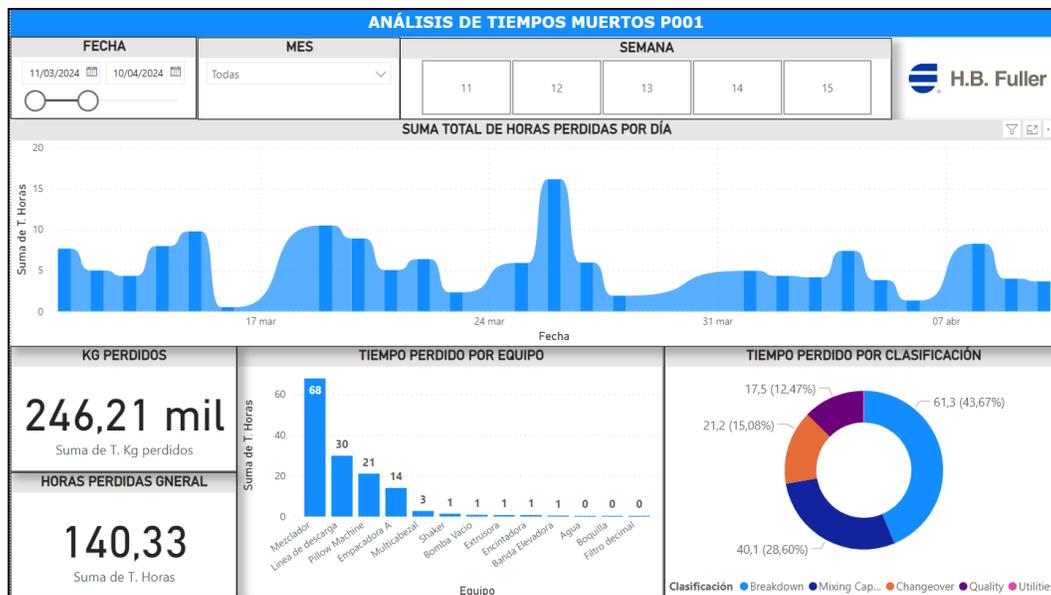
Figura 8*Pareto tiempos perdidos por equipo mes 1 PACK01*

Figura 9
Tablero de control mes 1 PACK01



En el primer mes de seguimiento se encontraron paros con mayor ocurrencia en el mezclador (Fabricación mayor a la descarga, chequeo especificaciones del producto, Arranque de planta y producto con aire), Línea de descarga (Lavado/limpieza de equipos por cambio de referencia y ajustes en el equipo), Pillow Machine (Ajustes y producto adherido en el equipo), empacadora A (Acumulación y obstrucción con producto). Se perdieron, además, 140.33 horas y se dejaron de fabricar 246.21 toneladas aproximadamente.

Durante el mes dos (11/04/2024 – 10/05/2024) se encontraron desperdicios de tiempo como se muestra:

Tabla 2
Tiempos perdidos por equipo mes 2 PACK01

Equipos	Total, Minutos	% Minutos	% Acum
Línea de descarga	2126	28,2%	28,2%
Pillow Machine	1967	26,1%	54,4%
Mezclador	1579	21,0%	75,3%
Empacadora A	1549	20,6%	95,9%
Multicabezal	95	1,3%	97,2%
Banda Elevadora	63	0,8%	98,0%
bombas agua	35	0,5%	98,5%
Video Jet	25	0,3%	98,8%
Encintadora	25	0,3%	99,1%
Boquilla	25	0,3%	99,5%
Shaker	20	0,3%	99,7%
Empacadora B	20	0,3%	100,0%
Total, general	7529		

Figura 10

Pareto tiempos perdidos por equipo mes 2 PACK01

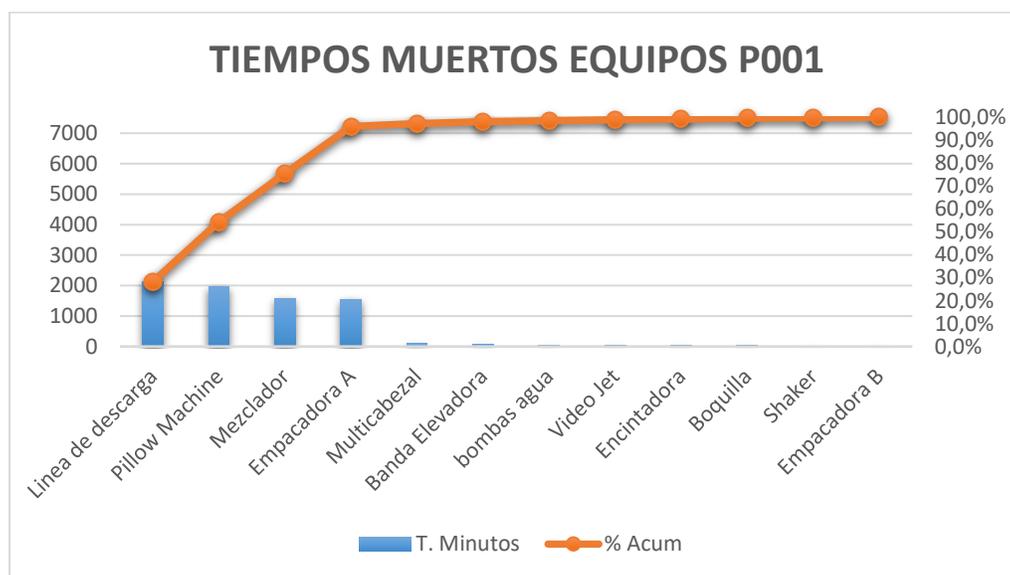
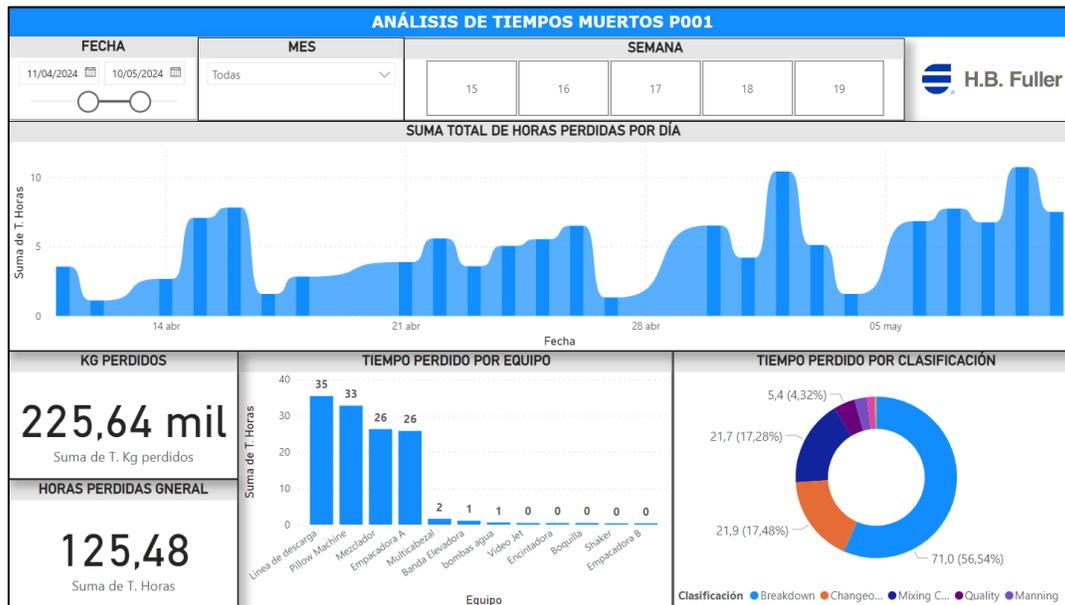


Figura 11

Tablero de control tiempos muertos mes 2 PACK01



Durante el mes 2 se observan paros relevantes en la línea de descarga (Lavado/limpieza de equipos, Falla/Problemas eléctricos y mecánicos), Pillow Machine (Ajustes de equipo, producto adherido en equipo) y empacadora A (Ajustes/Problemas con la mordaza vertical y horizontal y acumulación de producto). Es de recordar que este mes hubo una reunión de equipo por aproximadamente 3 horas, lo cual impactó la producción.

Paros significativos mes 3 (11/05/2024 – 10/06/2024):

Tabla 3

Tiempos perdidos por equipo mes 3 PACK01

Equipos	T. Minutos	%	% Acum
Mezclador	2965	32,0%	32,0%
Pillow Machine	1937	20,9%	53,0%
Empacadora A	1385	15,0%	67,9%
Línea de descarga	1296	14,0%	82,0%
bombas agua	378	4,1%	86,0%
Multicabezal	342	3,7%	89,7%
Empacadora B	240	2,6%	92,3%
Bomba Vacío	167	1,8%	94,1%
Chiller	160	1,7%	95,9%
Shaker	150	1,6%	97,5%
Banda conectora	65	0,7%	98,2%
Extrusora	45	0,5%	98,7%
Prefiltro	45	0,5%	99,2%
Fundidor	33	0,4%	99,5%
Agua	25	0,3%	99,8%
Balanza	20	0,2%	100,0%
Total, general	9253		

Figura 12
Pareto tiempos perdidos por equipo mes 3 PACK01

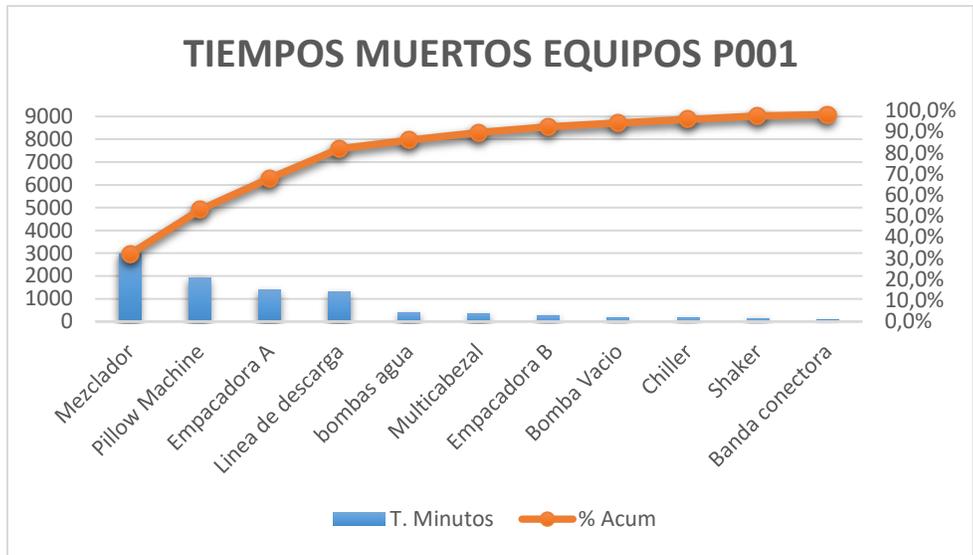
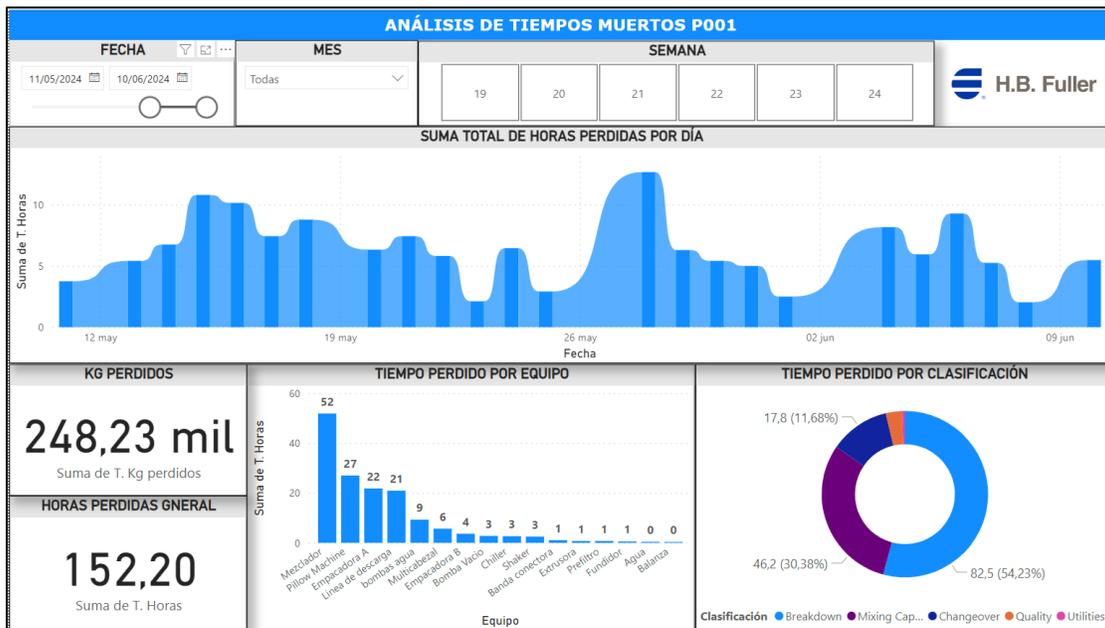


Figura 13
Tablero de control tiempos muertos mes 3 PACK01



Realizando el análisis en el mes 3 encontramos puntos críticos como el mezclador (Arranque de planta y fabricación mayor a descarga), la Pillow Machine (Ajustes de equipo, producto adherido en equipo), la línea de descarga (Lavado/Limpieza de equipos), La empacadora A (Falla/problemas mecánicos, Ajustes/problemas con la mordaza vertical), y las bombas de agua (Falla/problema mecánico).

Resumen conjunto de los 3 meses de análisis (11/03/2024 – 10/06/2024):

Tabla 4

Tiempos perdidos por equipo PACK01

Equipos	Total, Minutos	% Minutos	% Acum
Mezclador	8760	34,9%	34,9%
Linea de descarga	5173	20,6%	55,6%
Pillow Machine	4852	19,3%	74,9%
Empacadora A	3701	14,8%	89,7%
Multicabezal	602	2,4%	92,1%
bombas agua	592	2,4%	94,4%
Shaker	255	1,0%	95,4%
Empacadora B	240	1,0%	96,4%
Bomba vacío	220	0,9%	97,3%
Chiller	160	0,6%	97,9%
Banda Elevadora	93	0,4%	98,3%
Extrusora	90	0,4%	98,6%
Encintadora	70	0,3%	98,9%
Banda conectora	65	0,3%	99,2%
Prefiltro	45	0,2%	99,4%
Agua	40	0,2%	99,5%
Boquilla	35	0,1%	99,6%
Fundidor	33	0,1%	99,8%
Video Jet	25	0,1%	99,9%
Balanza	20	0,1%	100,0%
Filtro decimal	10	0,0%	100,0%
Total, general	25081		

Figura 14
Pareto tiempos perdidos por equipo resumen PACK01

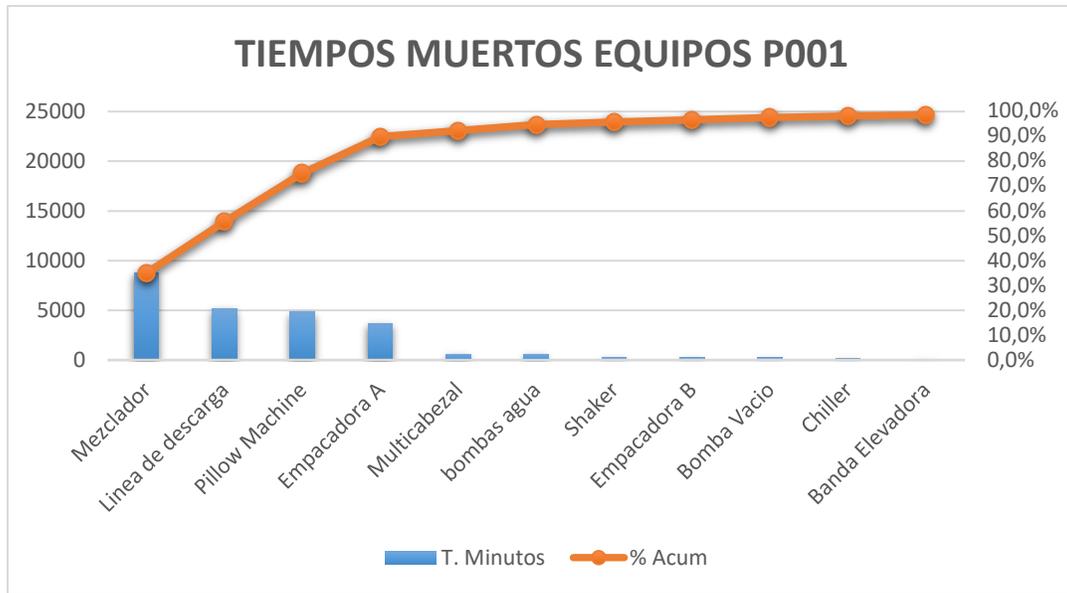
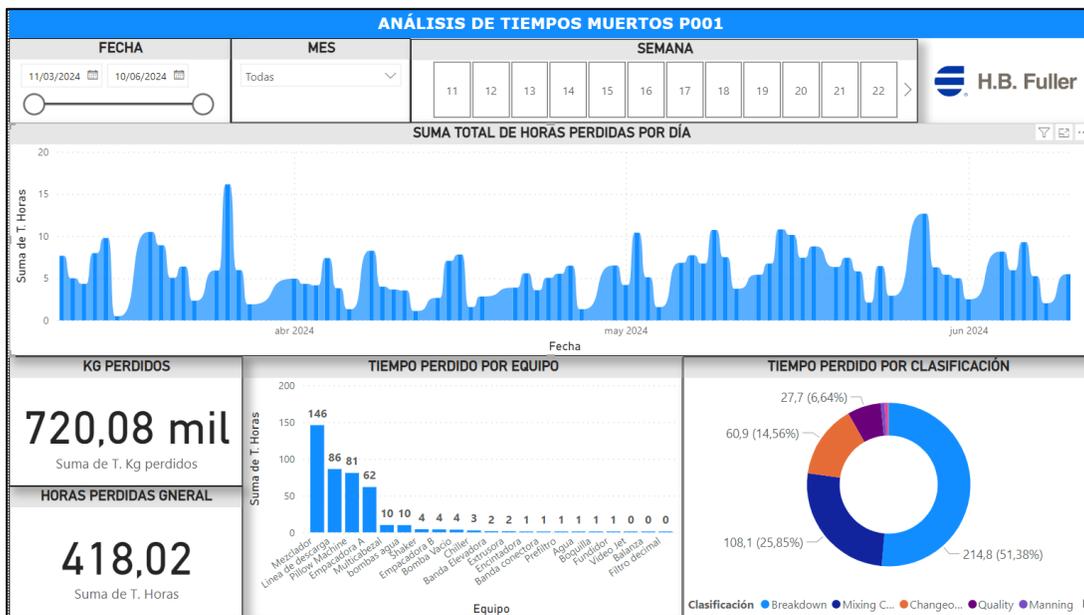


Figura 15
Tablero de control tiempos muertos PACK01



Por esta línea, aparentemente los puntos críticos que están generando mayor paro en la línea de producción son: El mezclador (Fabricación mayor a descarga y arranques de planta), La línea de descarga (Lavado/limpieza de equipos y drenaje de pasta), La pillow machine (Ajuste de equipo y producto adherido en equipo) y finalmente la empacadora A (Falla/ajustes mordaza vertical y horizontal y problemas mecánicos).

Basados en lo anterior, se establecieron algunos posibles planes de acción que podrían contribuir a la disminución de estos tiempos muertos:

Posibles planes de acción Línea 1:

Tabla 5
Posibles planes de acción PACK01

Equipo	Novedad	Plan de acción
Línea de descarga	Tubería no caliente	Drenaje de condensados regularmente.
	Problemas con el sensor de la canaleta.	Implementar revisión de bomba de descarga del MIXER 07
	Ajuste de equipo (Extracción de aire en bombas de agua).	Regular el bajo nivel del agua
	Lavado/Limpieza de equipos	Revisión e identificación de puntos críticos en el lavado y limpieza de equipos reforzando aquellas áreas que requieren mayor tiempo para la limpieza.
	Producto con aire	Poner vacío en el equipo y revisión de temperatura en la línea de descarga.
Mezclador	Arranque de planta	Implementar mejoras como encendido temprano de equipos
	Ajustes/Problemas con la mordaza vertical y horizontal.	Seguimiento a la empacadora por parte de mantenimiento.
Empacadora A		Realizar ajustes
		Organizar los volquetes
		Mantenimiento correctivo a la empacadora.

Se implementaron durante el seguimiento, las siguientes mejoras que contribuyeron a una disminución de los tiempos muertos:

Línea de descarga (Anexo A): Al realizar el análisis de tiempo demorado para lavado/limpieza de equipos, se encuentra un cuello de botella relevante, que es el multicabezal (Entre 20 y 30 minutos). El cuál, se recomienda revisar su diseño ya que al estar tan lejos de los volquetes cae el producto de manera brusca, rebotando y haciendo que este se ingrese por los rodillos entre los volquetes, provocando daño de tarjetas, paros en la maquinaria y demora en la limpieza ya que se deben extraer estos pillows que se enredan en los rodillos. Sumado a esto, los sistemas de apertura y cierre de los volquetes también han presentado novedad y algunos volquetes se encuentran fuera de servicio lo que hace que la maquina no esté al 100% de su capacidad. Se implementó revisión de bomba de descarga del Mixer 07, se realiza revisión a las bombas de agua y se realiza rutina de drenaje de condensados.

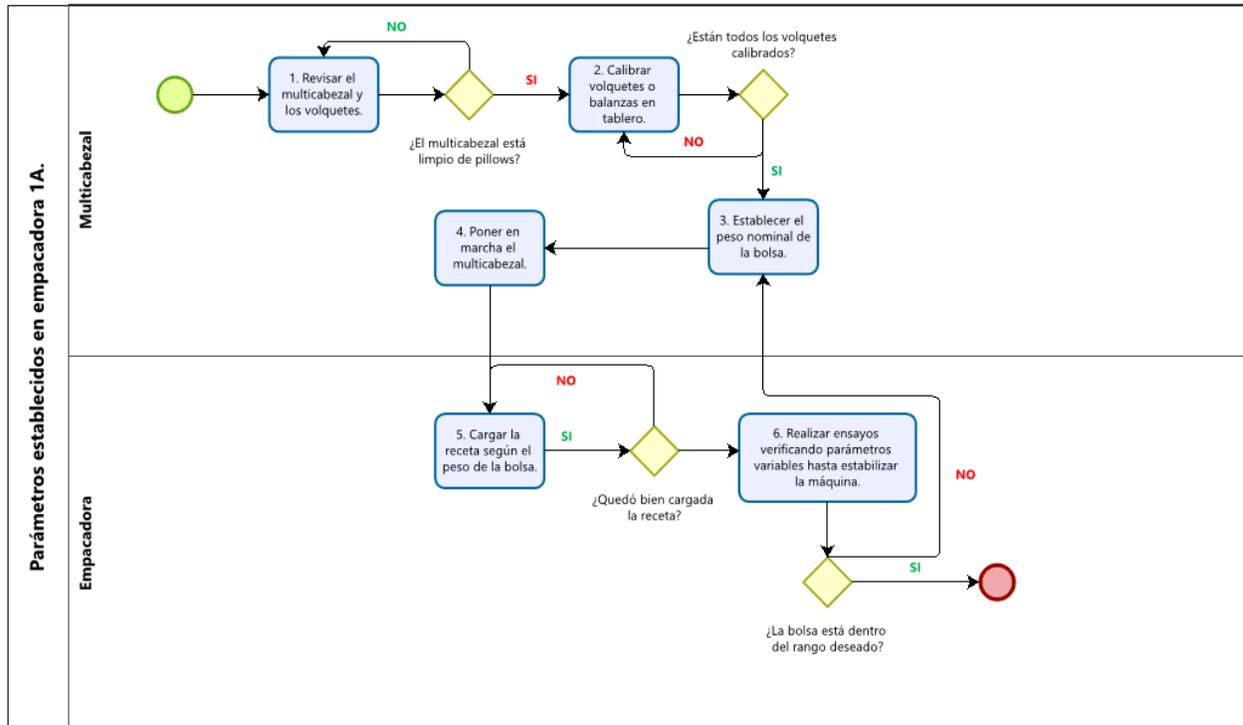
Mezclador (Anexo B): Se implementa revisión de procesos por parte de calidad por ejemplo el proceso de PH9254 y la estrategia de encendido temprano de equipos, pero no se hace de manera consecutiva.

Empacadora A (Anexo C): Se cambian cilindros neumáticos de la tracción vertical, se revisan pegas del mecanismo de la tracción y lubricación de piezas, se cambiaron los reguladores de la presión y mangueras neumáticas, se ajusta tensión de bandas verticales de tracción, se verificó y se puso en funcionamiento el vacío.

Pillow Machine (Anexo D): Se realizan ajustes y rectificación de rodillo de manera constante. El día 6 de junio se realiza cambio de las cuchillas por desgaste. Adicional, se realiza cambio de motor, el variador y se ajustaron los bujes de bronce en la chumacera de la porta cuchillas el día 20 de junio.

Adicional a esto, se establecieron parámetros que contribuyeron a la mejora del proceso de empaque en la línea 1A: **(Anexo E)**.

Figura 16
Diagrama parámetros establecidos empacadora 1A



Durante el primer mes de seguimiento a los tiempos muertos generados en esta línea de producción se perdieron aproximadamente 140 horas lo que equivale a 246 toneladas aproximadamente en el flujo normal del proceso de cada referencia específica (**Figura 9**). Con las mejoras implementadas se redujo el tiempo perdido en el segundo mes a 125 horas equivalentes a 225 toneladas aproximadamente en el flujo normal del proceso, lo que contribuye a una mejora del 11% respecto al mes anterior (**Figura 11**). Sin embargo, en el mes 3 se produjo un daño en la bomba de agua, lo que ocasionó paros constantes en los equipos tanto en la Pillow machine como en las empacadoras (**Figura 13**), produciendo derrames constantes de producto y por estar bajo el caudal de agua, genera que los pillows se peguen entre sí dificultando la descarga y produciendo inconvenientes con la pillow machine. Este paro, aunque fue representativo, fue un paro de planta obligatorio que solo afectó el tercer mes, mientras se adecuaba una nueva bomba, ya que pusieron

una provisional que fue la que de alguna manera ayudó a seguir con el procedimiento de las líneas de producción. De esta misma forma, se concluye que los paros más representativos de la planta y que hay que atacar de inmediato son en el mezclador, la línea de descarga, la empacadora A y la Pillow machine, como ya se mencionó anteriormente en el resumen de análisis de los tres meses (**Figura 15**). Hay que tener en cuenta que, aunque los mantenimientos preventivos están generando disminución en los tiempos muertos, sólo lo están haciendo de manera provisional, por lo que sería recomendable revisar los mismos para aumentar su calidad y frecuencia y en caso tal corregir errores a tiempo. Por otro lado, la revisión de procedimientos por parte del equipo de calidad es otra variable que podría contribuir a la disminución de tiempos de fabricación (mezclador) que ha afectado de manera significativa el flujo normal de la planta.

3.3.2 Paros de tiempo representativos por línea 2:

En este primer mes (11/03/2024 – 10/04/2024), se encontraron paros de tiempo como sigue:

Tabla 6
Tiempos perdidos por equipo mes 1 PACK02

Equipos	Total, Minutos	% Minutos	% Acum
Empacadora 2	3170	39,7%	39,7%
Mezclador	2435	30,5%	70,3%
Línea de descarga	1542	19,3%	89,6%
Pillow Machine	354	4,4%	94,1%
Video Jet	110	1,4%	95,4%
Agua	100	1,3%	96,7%
Multicabezal	66	0,8%	97,5%
Marcadora	56	0,7%	98,2%
Encintadora	44	0,6%	98,8%
Shaker	40	0,5%	99,3%
Extrusora	30	0,4%	99,6%
Boquilla	15	0,2%	99,8%
Prefiltros	13	0,2%	100,0%
Total	7975		

Figura 17
Tiempo perdido por equipo mes 1 PACK02

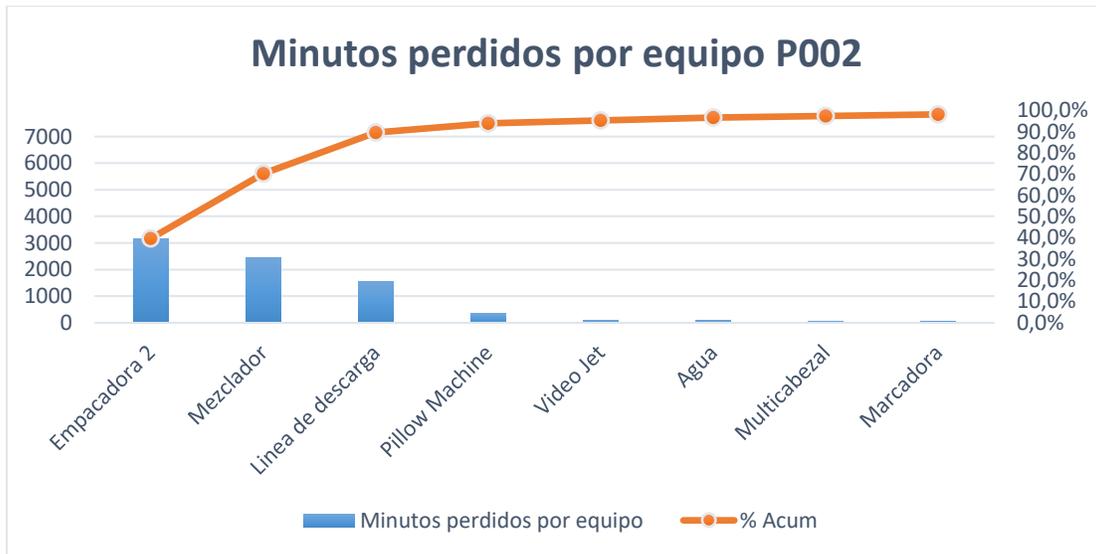
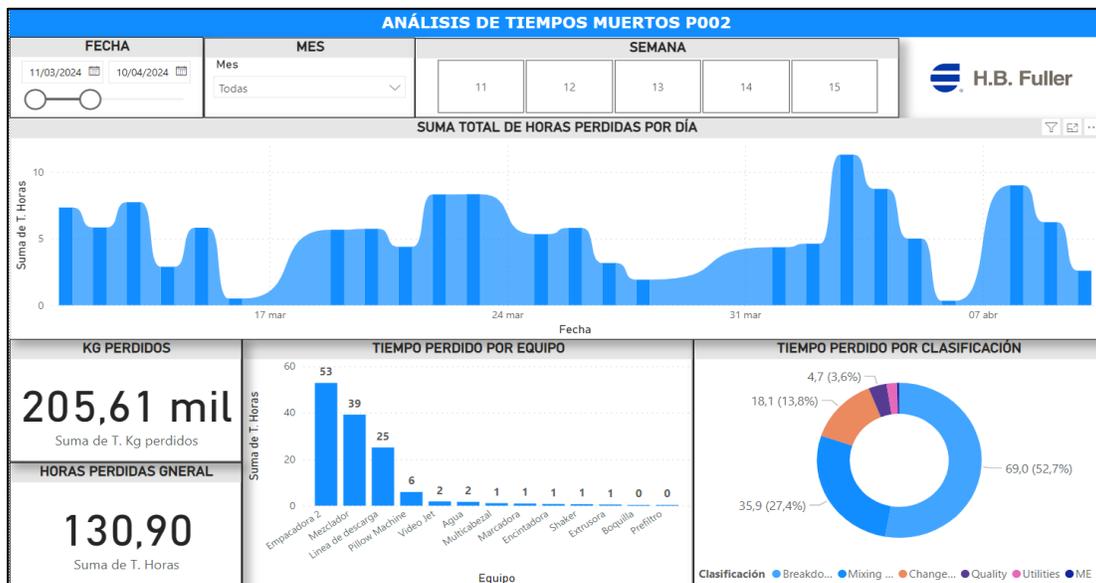


Figura 18
Tablero de control tiempos muertos mes 1 PACK02



Se evidencian paros en la empacadora 2 (Ajustes/Problemas con la mordaza vertical y horizontal, Falla/problemas mecánicos), Mezclador (Fabricación mayor a descarga y problemas con el aire comprimido) y la línea de descarga (Lavado/Limpieza de equipos y arranque de planta).

Igualmente, en el mes 2 se encontraron los siguientes:

Tabla 7

Tiempo perdido por equipo mes 2 PACK02

Equipo	Total, Minutos	% Minutos	% Acum
Mezclador	3359	53,1%	53,1%
Línea de descarga	1174	18,5%	71,6%
Empacadora 2	915	14,5%	86,1%
Pillow Machine	510	8,1%	94,1%
Multicabezal	97	1,5%	95,6%
Fundidor	93	1,5%	97,1%
Shaker	80	1,3%	98,4%
Extrusora	55	0,9%	99,2%
Video Jet	30	0,5%	99,7%
Boquilla	18	0,3%	100,0%
Total, general	6331		

Figura 19

Pareto minutos perdidos por equipo mes 2 PACK02

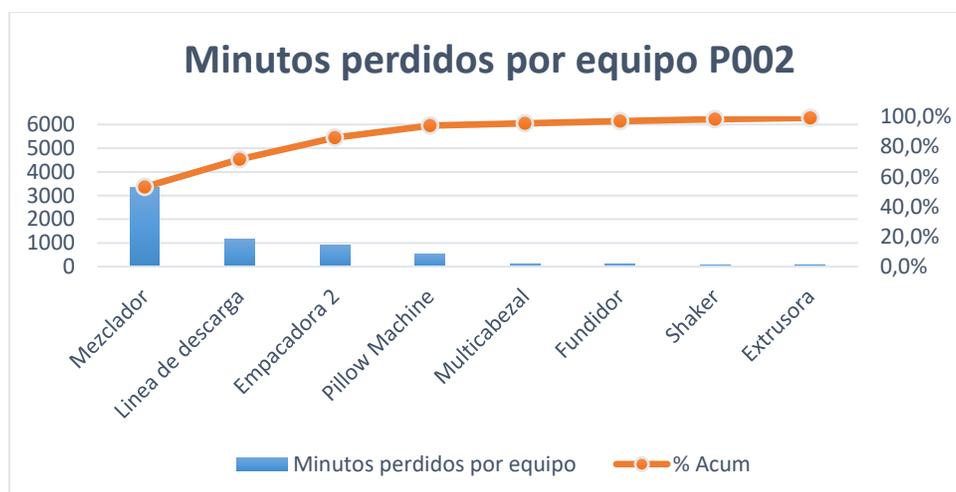
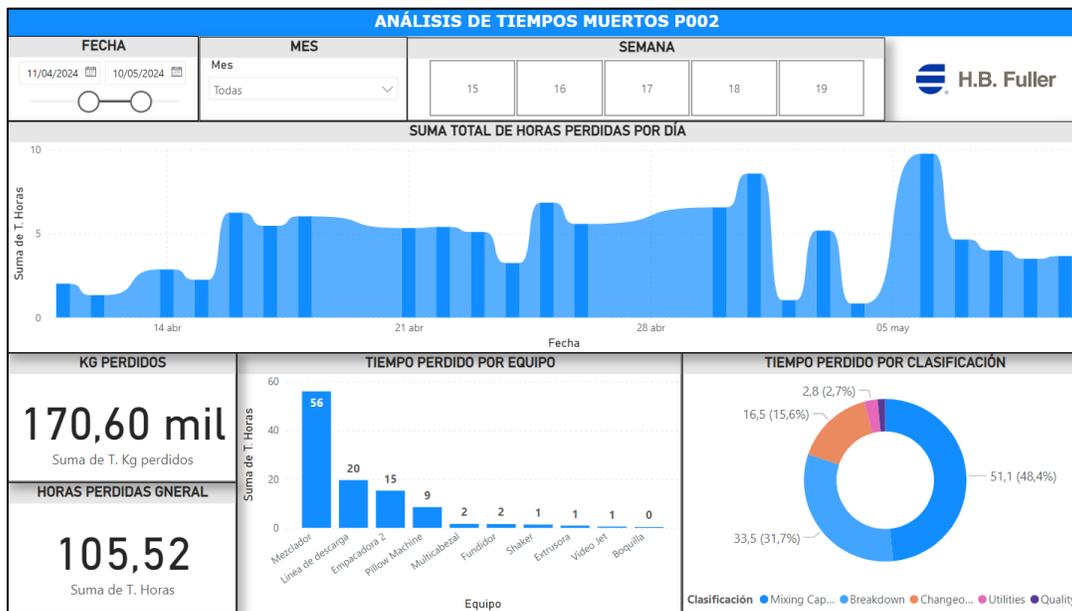


Figura 20

Tablero de control minutos perdidos por equipo mes 2 PACK02



Durante este mes en la línea 2, los paros más críticos fueron en el mezclador (Fabricación mayor a descarga y arranque de planta), línea de descarga (Lavado/Limpieza de equipos y Drenaje/Bombeo de pasta) y empacadora 2 (Ajustes/Problemas con la mordaza vertical y horizontal y Falla/problemas mecánicos).

Paros relevantes mes 3 (11/05/2024 – 10/06/2024):

Tabla 8

Tiempo perdido por equipo mes 3 PACK02

Equipo	Total, Minutos	% Minutos	% Acum
Mezclador	2799	41,3%	41,3%
Línea de descarga	960	14,2%	55,5%
Empacadora 2	890	13,1%	68,6%
Bombas Agua	651	9,6%	78,2%
Pillow Machine	530	7,8%	86,0%
Extrusora	503	7,4%	93,5%
Chiller	160	2,4%	95,8%
Multicabezal	80	1,2%	97,0%
Empacadora A	56	0,8%	97,8%
Shaker	52	0,8%	98,6%
Banda Empaque	30	0,4%	99,0%
Agua	25	0,4%	99,4%
Boquilla	20	0,3%	99,7%
Fundidor	20	0,3%	100,0%
Total, general		6776	

Figura 21

Pareto minutos perdidos por equipo mes 3 PACK02

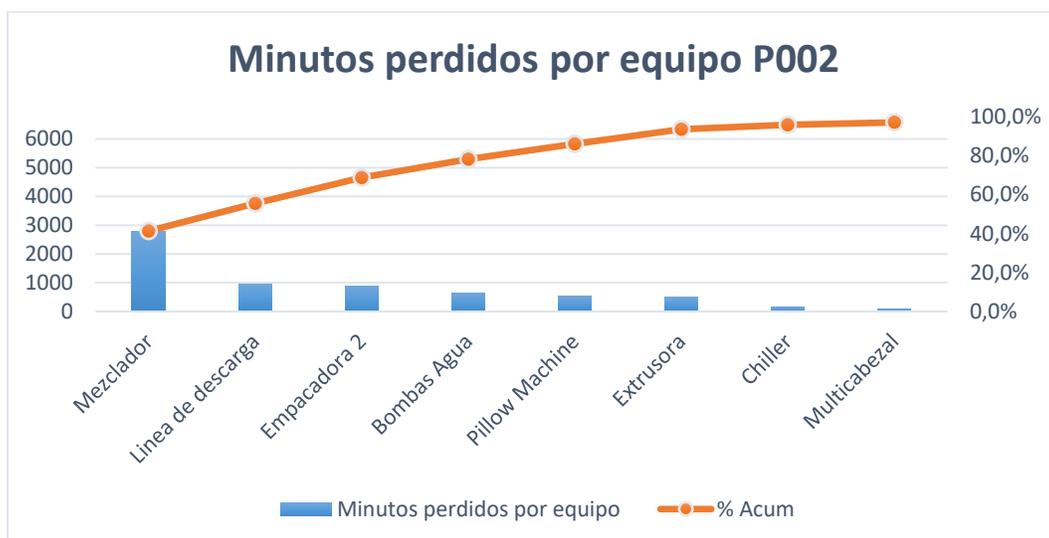
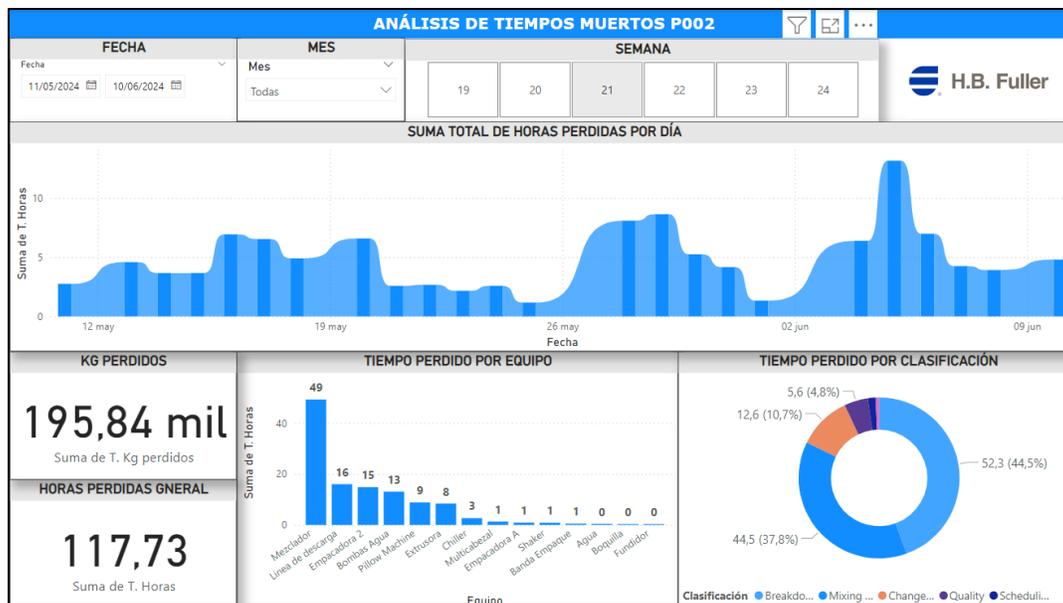


Figura 22

Tablero de control minutos perdidos por equipo mes 3 PACK02



Este tercer mes en la línea 2, se evidenciaron pérdidas críticas en el mezclador (Arranque de planta y fabricación mayor a descarga), la línea de descarga (Lavado/Limpieza de equipo y Drenaje/bombeo de pasta), empacadora 2 (Ajuste/falla en tracción y problemas con la mordaza horizontal) y las bombas de agua (Falla/problema mecánico). Es de tener en cuenta, que este mes, se estuvieron realizando pruebas y ensayos con la extrusora y por eso las novedades presentadas con este equipo.

Resumen conjunto de los 3 meses de análisis: (11/03/2024 – 10/06/2024):

Tabla 9

Tiempos perdidos por equipo PACK02

Equipo	Total, Minutos	% Minutos	% Acum
Mezclador	8665	40,8%	40,8%
Empacadora 2	4975	23,4%	64,2%
Línea de descarga	3638	17,1%	81,3%
Pillow Machine	1394	6,6%	87,9%
Bombas Agua	784	3,7%	91,6%
Extrusora	588	2,8%	94,3%
Multicabezal	243	1,1%	95,5%
Shaker	172	0,8%	96,3%
Chiller	160	0,8%	97,0%
Video Jet	140	0,7%	97,7%
Agua	125	0,6%	98,3%
Fundidor	113	0,5%	98,8%
Empacadora A	56	0,3%	99,1%
Marcadora	56	0,3%	99,3%
Boquilla	53	0,2%	99,6%
Encintadora	44	0,2%	99,8%
Banda Empaque	30	0,1%	99,9%
Prefiltro	13	0,1%	100,0%
Total, general	21249		

Figura 23
Pareto minutos perdidos por equipo PACK02

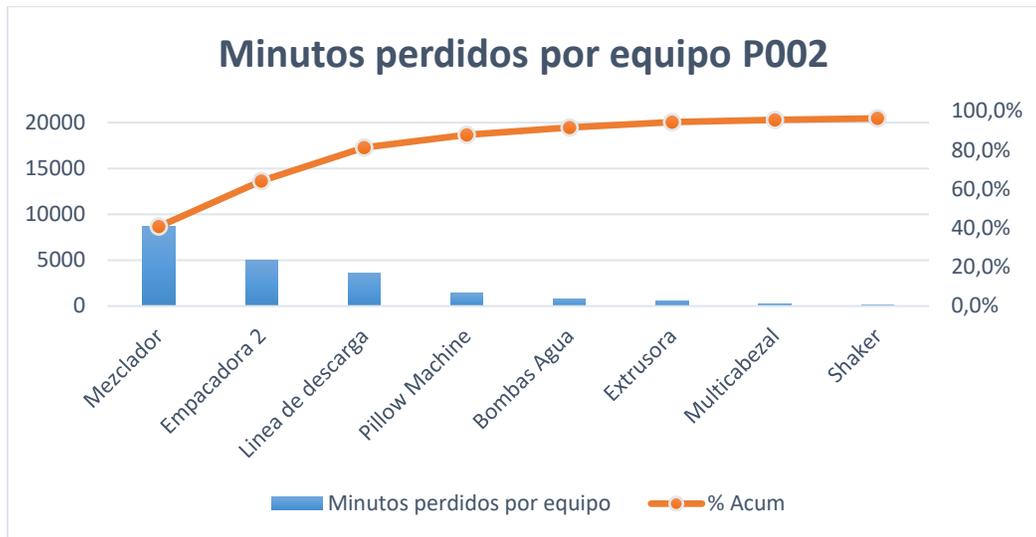
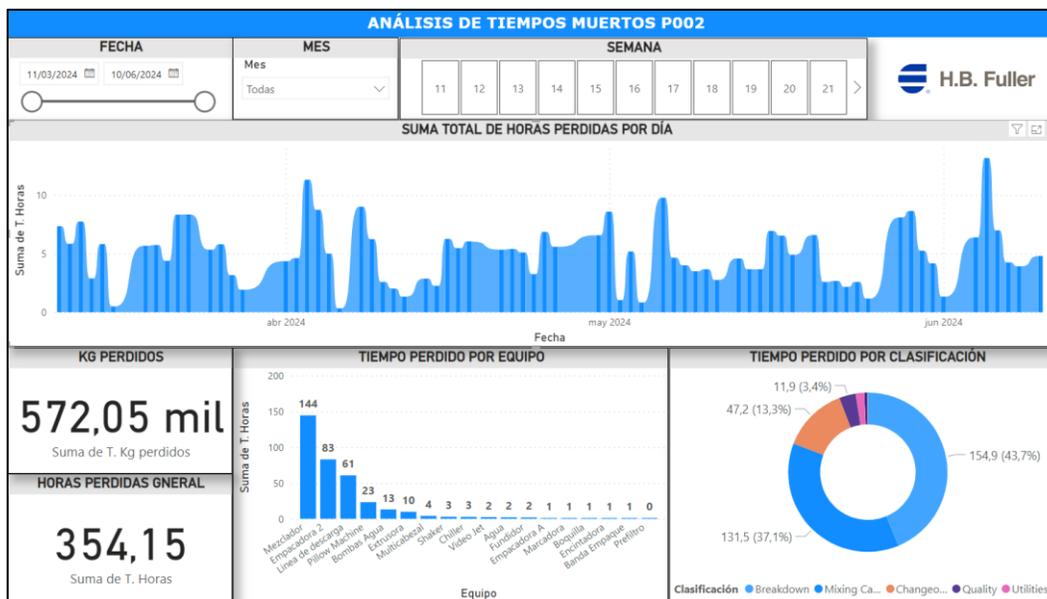


Figura 24
Tablero de control minutos perdidos por equipo PACK02



Este análisis nos lleva a concluir que los puntos críticos que están generando más pérdidas de tiempo por esta línea son: El mezclador (Fabricación mayor a descarga y arranque de planta),

la empacadora 2 (Fallas mecánicas y Ajustes en la mordaza vertical y horizontal), la línea de descarga (Lavado/limpieza de equipos y drenaje de pasta) y finalmente la Pillow Machine (Ajustes y producto adherido en equipo).

Posibles planes de acción para la línea 2:

Tabla 10

Posibles planes de acción PACK02

Equipo	Novedad	Plan de acción
Línea de descarga	Lavado/Limpieza de equipos	Revisión de puntos críticos en el lavado y limpieza de equipos reforzando o mejorando, aquellas áreas que requieren mayor tiempo para la limpieza.
	Ajustes/Problemas con la mordaza y sellado vertical	Ajustes a los programas de la empacadora e intervención de mantenimiento. Implementar mantenimientos preventivos antes de que se dañen los equipos.
Empacadora 2	Ajustes de equipo (Cambio de ferróníquel, cambio de cilindro).	Normal del proceso
Mezclador	Ajustes/Falla en tracción.	Ajustes de presiones del aire, velocidad del servomotor, configuraciones en la variación del tamaño de la bolsa.
	Fabricación mayor a descarga	Revisión de procesos y procedimientos (Calidad).
	Producto con aire	Revisión de válvula de descarga y retiro de piezas sueltas.

Las mejoras implementadas en esta línea de producción que contribuyeron a disminuir los tiempos fueron:

Línea de descarga (Anexo A): Se realiza un análisis de tiempo en las labores de lavado y limpieza de equipos, encontrando que es un paro normal del proceso, ya que es adecuado mientras realizan aseo completo a la línea y revisión por parte del equipo de calidad para liberarla y así, generar el cambio de referencia. Esto, teniendo en cuenta que se realizan constantes cambios de referencia, los cuales requieren una limpieza profunda para generar otra diferente.

Empacadora 2 (Anexo C): Se bloquean parámetros de configuración interna del ciclo de sellado, se cambian cilindros neumáticos, se cambió punto de ubicación de sensores de temperatura, se cambian termocuplas y su terminal, se cambia ferroníquel de sellado horizontal, se ajustan presiones de aire en cilindro vertical. De esta manera, se mejoraron las condiciones de descarga que presentaban fallas en esta empacadora.

Mezclador (Anexo B): Se ajustan procesos de fabricación por parte de calidad entre ellos la referencia 5246LPZ y se implementa la estrategia de encendido temprano de equipos. Revisión de válvula actuada del calentador por posibles fallas.

Pillow Machine (Anexo D): Se realizan ajustes, rectificación y balanceo de rodillo de manera constante. Se mejora, además, punto de contacto entre las cuchillas y el rodillo de nylon y se realiza ajuste de acople transmisión de las cuchillas y rodillo inferior.

Por la línea dos durante el primer mes se perdieron aproximadamente 130 horas lo que equivale a 205 toneladas aproximadamente en el flujo normal del proceso de cada referencia específica (**Figura 18**). Sin embargo, con las mejoras implementadas en esta línea se redujo el tiempo perdido a 105 horas lo que equivale a 170 toneladas aproximadamente en el flujo normal del proceso, contribuyendo a una mejora del 19% respecto al mes anterior (**Figura 20**). Sin embargo, como ya se mencionó antes, hubo inconvenientes con las bombas de agua, lo que generó paros constantes en los equipos de producción aumentando los tiempos muertos a 117 horas (**Figura 22**), 12 horas más comparado con el mes anterior. Finalmente, realizando el análisis conjunto de los 3 meses de seguimiento, se observa que los puntos críticos que están generando

pérdidas de tiempo considerables son el mezclador, la empacadora 2, la línea de descarga y la Pillow machine (**Figura 24**). Por esto, sería recomendable realizar mantenimientos preventivos de manera constante y aumentar su calidad para que sean mucho más notables los cambios en la mejora de tiempos de producción y disminución de tiempos de inactividad. De igual manera, la revisión de procesos y ajuste de tiempos de fabricación también sería una variable importante a la hora de reducir tiempos muertos en las líneas de producción.

3.4 Cuarta etapa: Análisis de resultados.

Las mejoras implementadas han mostrado ser efectivas en la reducción de los tiempos muertos iniciales en ambas líneas de producción. Sin embargo, la persistencia de problemas mecánicos recurrentes subraya la necesidad de un enfoque constante y proactivo en la gestión de la producción. Es crucial mejorar la calidad de los mantenimientos preventivos para asegurar la fiabilidad operativa a largo plazo.

Además, fortalecer la comunicación y la participación de los operarios puede tener un impacto significativo en la identificación temprana y la resolución ágil de problemas. Al involucrar activamente al personal de producción en la vigilancia y análisis de los procesos, se promueve un entorno donde las soluciones se desarrollan de manera colaborativa y se implementan de manera más eficiente.

Finalmente, tras realizar un seguimiento exhaustivo de las acciones implementadas y consultar nuevamente la opinión de los colaboradores, se observa un mayor compromiso con la mejora continua de procesos y la detección oportuna de fallos en la operación de la planta de producción. Para mantener este impulso positivo, es crucial continuar escuchando activamente a los colaboradores, proporcionarles formación en herramientas avanzadas de análisis y solución de problemas, y asegurar la continuidad en la implementación de mejoras basadas en retroalimentación directa y datos concretos.

Este enfoque integral, no solo fortalecerá la eficiencia operativa, sino también cultivará un ambiente de trabajo donde la innovación y la mejora continua sean pilares fundamentales de la cultura organizacional.

6. Conclusiones

Realizar un análisis detallado de los tiempos muertos en las líneas de producción de H.B Fuller, ha proporcionado una visión clara de los problemas que afectan la eficiencia operativa y ha sentado bases para implementar mejoras significativas.

Se ha logrado identificar puntos críticos en los procesos de producción mediante un análisis exhaustivo de los tiempos muertos. Esto ha permitido priorizar acciones correctivas en áreas como el mezclador, las líneas de descarga, las empacadoras y la pillow machine, donde se han detectado los mayores tiempos de inactividad.

La documentación y establecimiento de parámetros específicos para las recetas de adhesivos en la empacadora 1A ha contribuido a mejorar la consistencia y la calidad del producto final, reduciendo así, los tiempos asociados a ajustes y variaciones en la producción.

La implementación exitosa de un tablero de control en Power BI ha facilitado la monitorización continua de los tiempos muertos y otros indicadores clave de rendimiento (KPIs). Este tablero no solo ha proporcionado una visibilidad clara de los problemas operativos, sino también ha permitido identificar oportunidades de mejora y desarrollar planes de acción proactivos.

Se destaca la importancia de mejorar la comunicación entre equipos de trabajo (mantenimiento-producción), así como la participación de los operarios en la identificación y resolución de problemas. Esta colaboración promueve un ambiente de trabajo más cohesionado y efectivo para abordar los desafíos de manera integral.

7. Recomendaciones

Continuar desarrollando y perfeccionando el tablero de control para incluir más KPIs relevantes y proporcionar una visión integral de la eficiencia operativa.

Utilizar los datos del tablero para realizar análisis predictivos y desarrollar planes de acción proactivos basados en tendencias y patrones observados.

Involucrar a los operarios en la identificación de problemas y en la propuesta de soluciones. Su conocimiento práctico del día a día puede proporcionar valiosas perspectivas y soluciones efectivas.

Establecer programas de incentivos para motivar a los operarios a contribuir activamente en la mejora de procesos.

Monitorear continuamente la eficacia de las recetas que se quieren estandarizar para realizar ajustes según sea necesario y mantener la consistencia y la calidad del producto.

Revisar diseño multicabezales de línea 1, ya que la caída brusca del producto causa rebotes y acumulación entre los rodillos, lo que daña tarjetas, provoca paros en la maquinaria y retrasa la limpieza. Además, los sistemas de apertura y cierre de los volquetes han presentado inconvenientes y algunos volquetes están fuera de servicio, impidiendo que la máquina opere a plena capacidad.

Se recomienda también revisar programa de planeación de la producción de manera que las referencias más complicadas no afecten de manera tan directa los indicadores de producción. Podría iniciarse por ejemplo con referencias fáciles de descargar y terminar con las que son más complicadas para que el cierre de las órdenes no se atrase de manera notable.

Referencias

Coque León, R. E. (2012). El sistema de producción y su influencia en el volumen de producción en la Industria LEITO de la ciudad de Salcedo (Bachelor's thesis).

Davenport, T. H. (1993). Process innovation: reengineering work through information technology. Harvard Business Press.

Escaida Villalobos, I., Jara Valdés, P., & Letzkus Palavecino, M. (2016). Mejora de procesos productivos mediante lean manufacturing.

Espinal, A. C., Montoya, R. A. G., & Pérez, C. B. (2012). La Ingeniería de Métodos y Tiempos como herramienta en la Cadena de Suministro. Revista soluciones de postgrado, 4(8), 89-109.

González, H. L. A. (2009). Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo). Contribuciones a la Economía, 2.

L. Maldonado, y M. Delgado. Estudio de tiempos. Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y Textil, No. 1, 2003.

Maldonado, J. (2011). Gestión de procesos. Santiago-Chile.

Ortiz Buitrago, V., & Pardo López, H. F. (2021). Importancia y ventajas de los KPI (Key Performance Indicators) en los proyectos: enfoque de procesos en el sector petrolero.

Paul, C. W. (2003). Hot-melt adhesives. Mrs Bulletin, 28(6), 440-444.

Pérez Rave, J., La Rotta, D., Sánchez, K., Madera, Y., Restrepo, G., Rodríguez, M., ... & Parra, C. (2011). Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 19(3), 396-408.

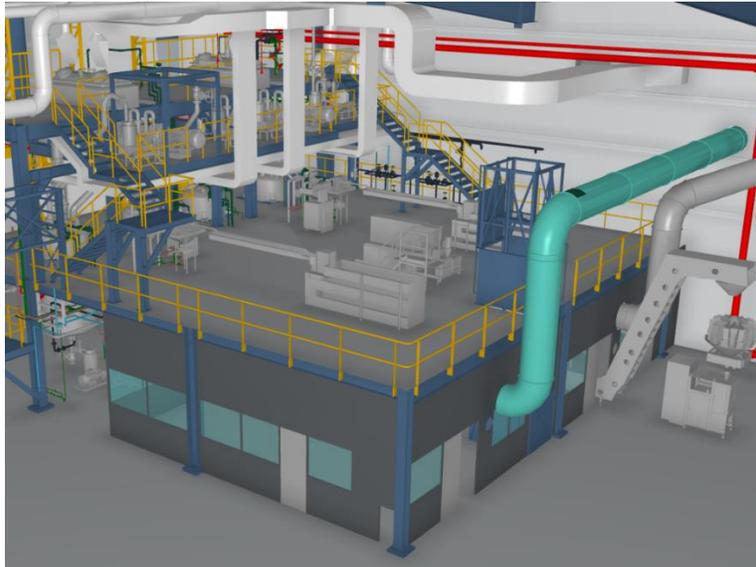
Rojas, M., Jaimes, L., & Valencia, M. (2018). Efectividad, eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. Revista espacios, 39(06).

Silvera, R. Á., & Vasquez, C. C. (2019). Diseño de un plan de mejoramiento para minimizar los tiempos muertos en el proceso de cargue de una empresa de carpintería metálica. Ingeniare, (26), 99-108.

Tafolla, H. (2000). Estandarización y globalización. Revista: SEGMENTO. Julio.

Anexos

Anexo A. Línea de descarga.



Fuente: Documentos HB Fuller

Anexo B. Equipo mezclador



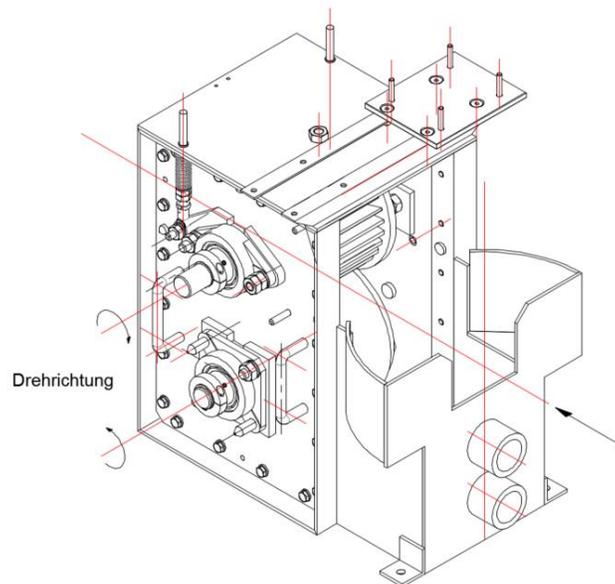
Fuente: Documentos HB Fuller

Anexo C. Línea de empaque



Fuente: Documentos HB Fuller

Anexo D. Equipo Pillow machine



Fuente: Documentos HB Fuller

Anexo E. Documentación parámetros establecidos empacadora 1A.

	PRODUCCIÓN DE ADHESIVOS HOT MELT	CÓDIGO:
	PARAMETROS ESTABLECIDOS EN EMPACADORA 1A	VERSIÓN:
	EMPAQUE DE ADHESIVOS HOT MELT	VIGENCIA:
		PAGINA: 1 de 11

OBJETIVO: Establecer parámetros en empacadora 1A, que permitan reducir tiempos de programación al momento de empaçar.

ALCANCE: Documentar detalladamente el proceso de identificación, desarrollo e implementación de parámetros en la empacadora 1A para reducir tiempos de programación y con esto poder capacitar a todo el personal asegurando un conocimiento y comprensión uniformes.

LIDER DE PROCEDIMIENTO: León Montoya

Dentro del documento se establecieron algunas definiciones útiles para entender el procedimiento (parámetros, tiempos de programación, identificación de parámetros, feedback, etc.) y algunos requisitos y condiciones generales para el desarrollo del procedimiento (Coordinación y capacitación, cumplimiento de normas y regulaciones, pruebas y validación, capacitación continua, monitoreo y ajustes).

ACTIVIDADES:

Responsable: Operario de empaque

1. Revisar el multicabezal y los volquetes: Se debe revisar estrictamente el multicabezal verificando que no hallan pillows en los volquetes o adheridos en los rodillos. En caso tal se deben vaciar o retirar.

2. Calibrar volquetes o balanzas en tablero del multicabezal: Se deben calibrar las balanzas (Ponerlos a punto), de manera que su peso inicie en cero para que no descontrolen el pesado en la empacadora.

Nota: Para inicio de turno se recomienda calibrar los volquetes con la pesa de 1KG.

3. Establecer el peso nominal de la bolsa desde el multicabezal: Se establece el peso nominal de la bolsa, el cual va a estar entre 300 gramos por encima o por debajo según la cantidad de bolsas por minuto, la apertura de la mordaza y el tamaño de la bolsa. (A más cantidad de bolsas por minuto, el peso nominal debe acercarse más al establecido).

4. Poner el multicabezal en marcha: Se pone en marcha el multicabezal verificando que todos los volquetes abran y cierren de manera constante.

5. Cargar la receta según el peso (Empacadora): Desde el menú principal en la opción recetas, se cargan las recetas al PLC, con las flechas hacia los lados busco la receta que quiero cargar, si la presentación de la bolsa es de 500Kg se carga la receta # 10 y si es de 500kg en adelante se carga la receta #11. Oprimo el botón escribir al PLC y después de oprimir unos segundos, cuándo alumbra el bombillo verde me da indica que la receta ya queda cargada. Unidades de medida: mm/s (Estas recetas son estándares que se establecieron con algunos operarios de empaque).

6. Realizar ensayos verificando parámetros variables hasta estabilizar la máquina: Realizar la modificación de parámetros que pueden variar según requerimientos. Los parámetros que varían son: Inicio de dosificación (Puede ir más rápido o más lento), apertura de la mordaza y el número de bolsas por minuto. Al aumentar el número de bolsas por minuto, se debe aumentar el inicio de dosificación y la apertura de la mordaza, y viceversa. El operario inicia dosificando y verificando que la bolsa quede sellada perfectamente y con el peso ideal, en caso de que presente novedad en el peso, debe dirigirse a modificar el peso en el multicabezal (**Actividad 3**) o subir la dosificación.

PULSADORES Y PERILLAS

1. *Start*: Permite iniciar el funcionamiento de la máquina.
2. *Stop*: Este pulsador hace un paro normal mientras la máquina esté en funcionamiento. Finaliza la bolsa que estaba en proceso de confección y deja la mordaza abierta para el siguiente arranque.
3. *Reset*: Sirve para borrar las fallas existentes.
4. *Paro de emergencia*: Se utiliza en casos de emergencia para realizar un paro inmediato de la máquina sin importar en que parte de su ciclo se encuentre.
5. *TR DEC/INC*: Perilla que permite aumentar (INC) o disminuir (DEC) el tiempo en el cual se caliente la resistencia que se encarga de realizar el sello transversal.
6. *DO OFF/ON*: Esta perilla activa o desactiva la acción de servomotor que acciona el sistema dosificador, permitiendo el funcionamiento normal de la máquina, pero sin la acción de llenado de producto.
7. *Corte OFF/ON*: Esta perilla desactiva la acción de cilindro Neumático que acciona la cuchilla de corte en el sello transversal.
8. *SW Potencia*: Esta perilla desconecta la energía de todos los sistemas de la máquina, excepto el movimiento del motor principal que abre y cierra las mordazas transversales.
9. *LAMP*: Esta perilla me enciende o apaga la lámpara interna de la máquina.

ERRORES MAS FRECUENTES

1. El rollo se descentra: Se corre el rollo del Ceropack de la maquina y no queda centrado.
2. Se está quemando la bolsa o no está sellando: La bolsa está saliendo quemada o por el contrario está saliendo sin sellar o mal sellada.
3. La máquina muerde la bolsa: Las mordazas horizontales se cierran antes que pase la bolsa, quedando atrapado producto en medio y embotando la mordaza horizontal.
4. La bolsa está muy larga o corta: La longitud de la bolsa se desajusta constantemente (la bolsa está saliendo más larga o corta).

Para estos errores se establecen posibles soluciones.

ELABORÓ				
NOMBRES Y APELLIDOS		CARGO		
Danilo Gómez		Operario de empaque		
Alejandro Betancur		Operario de empaque		
Luis Fernando Acevedo		Operario de empaque		
Maryelly Mazo		Practicante Ingeniería industrial		
REVISÓ				
NOMBRES Y APELLIDOS		CARGO		
León Montoya		Líder de producción.		
APROBÓ (GESTOR RESPONSABLE DEL PROCESO)				
NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	FECHA		
		AAAA	MM	DD

Documento de referencia: Manual línea de empaque