

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Reducción de los tiempos de paradas en la línea de enlatado de una empresa
cervecera”

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Sánchez Cevallos Camila Doménica

Vélez Pesántez Elián Joseph

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico en primer lugar a mi madre Elsa, quien ha estado a mi lado durante cada etapa de mi vida siendo la primera persona que creyó en mí aun cuando nadie más lo hacía, y quien fue la primera en impulsar mi decisión de ingresar a ESPOL. A Jimmy, quien me demostró lo que es tener un padre con la simple acción de estar presente, aconsejarme y apoyarme en mis decisiones.

A mi abuelita Digna, mi abuelito Cornelio y mi tío Wacho, quienes lamentablemente no alcanzaron a verme lograr esta meta en mi vida, pero fueron pilares esenciales en construir la persona que soy hoy en día, quienes vieron en mí el potencial que tenía. Espero que estén orgullosos de mí desde el cielo donde sé que están.

- *Elián Joseph Vélez Pesántez*

Dedicatoria

Este proyecto se lo dedico a mis padres por ayudarme a lo largo de mi carrera y por brindarme todas las posibilidades para estudiar. Se lo dedico a mis hermanas, Carla y Carolina, por estar conmigo desde el día en que decidí estudiar ingeniería industrial, por quedarse conmigo hasta la madrugada, por motivarme todos los días y por ser mi mayor apoyo en la vida. A todas las amigas que conservo desde el colegio, en especial a Xiomara, Kimberly y Maysee, por siempre escucharme y aconsejarme. Este trabajo y todos mis logros son para ustedes.

- *Camila Doménica Sánchez Cevallos*

Agradecimientos

Quiero agradecer de manera especial a mis mejores amigos: Gabriel, Jordan, Guido y Marcos, por darme ánimos y creer en mí cuando ni yo mismo lo hacía.

A mis amigos de carrera: Javiera y José, por ser de las mejores personas que pude conocer en mi vida universitaria, gracias por las risas.

A Camila, mi compañera de proyectos, traspasadas, debates existenciales y protagonista de miles de discusiones, así como conversaciones motivacionales, gracias al destino por haberte puesto en el mismo salón hace 5 años, no pude haber tenido mejor compañera en este proyecto, y sobre todo, no pude haber pedido una mejor amiga durante toda mi paso por ESPOL, gracias hermanita, y sí, ¡lo logramos ingeniera!

- *Elián Joseph Vélez Pesántez*

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a la empresa por confiar en nosotros para desarrollar este proyecto y abrirnos las puertas.

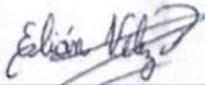
A mis amigos de ingeniería industrial que conozco desde el primer año de carrera, Javiera y José, y a los amigos que hice en el camino, como David. A las personas que estuvieron conmigo durante el preuniversitario hasta mis primeros años de estudios, a Saray, Anthony, Villón y Jorge; quienes lograrán grandes cosas en sus profesiones.

Le agradezco a mi amigo y compañero de proyecto Elián Vélez por ser el hermano que siempre quise, por volverme una mejor persona y por apoyarme en todo lo que se me ocurre. Nada de esto hubiera sido posible sin él.

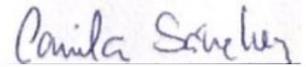
- *Camila Doménica Sánchez Cevallos*

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Camila Doménica Sánchez Cevallos, Elián Joseph Vélez Pesántez* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Elián Joseph
Vélez Pesántez



Camila Doménica
Sánchez Cevallos

Evaluadores

María Fernanda López S., M.Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA

María Laura Retamales G., M.Sc

PROFESOR TUTOR

Resumen

En el siguiente proyecto se evidencia la aplicación de la metodología DMAIC para la reducción de los tiempos de paradas en una empresa productora de cerveza. El objetivo general es reducir el tiempo de paradas operacionales de 3.92 horas en promedio semanales, a un promedio de 3.22 horas por semana, con esta disminución, se consigue un incremento en la cantidad de volumen envasado y además se reducen los tiempos innecesarios de espera.

Para el desarrollo del proyecto se aplicaron todas las fases de la metodología DMAIC. Se inició con la fase de definición en la cual se utilizaron herramientas como el VOC y el CTQ Tree; con esto se obtuvo que el valor promedio de paradas operacionales era 3.91 horas por semana. En las fases de medición y análisis se empleó el diagrama de Ishikawa y luego la técnica de los 5 porqués para llegar a las causas raíz del problema y comenzar a plantear soluciones. Estas soluciones fueron diseñadas e implementadas en la fase de mejora y sus resultados fueron evidenciados en la fase de control.

Como resultado, se redujo el tiempo promedio de paradas operacionales a 3.44 horas por semana partiendo de un valor promedio inicial de 3.91 horas por semana; y además se logró la automatización de tareas del área de envasado con el fin de reducir movimientos innecesarios y reducir la carga operativa de los trabajadores.

Palabras Clave: Disponibilidad de producto, metodología DMAIC, paradas internas, producto terminado.

Abstract

The following project shows the application of the DMAIC methodology for the reduction of downtime in a beer production company. The overall objective is to reduce the operational downtime from a weekly average of 3.92 hours to an average of 3.22 hours per week, with this reduction, an increase in the amount of bottled volume is achieved and unnecessary waiting times are reduced.

For the development of the project, all the phases of the DMAIC methodology were applied, starting with the definition phase in which tools such as the VOC and the CTQ Tree were used; with this it was obtained that the average value of operational stops was 3.91 hours per week. In the measurement and analysis phases, the Ishikawa diagram was used and then the 5 Whys technique was used to arrive at the root causes of the problem and begin to propose solutions. These solutions were designed and implemented in the improvement phase and their results were evidenced in the control phase.

As a result, the operational downtime was reduced to 3.44 hours per week from an initial value of 3.91 hours per week and the automation of tasks in the packaging area was achieved in order to reduce unnecessary movements and reduce the operational load of the workers.

Keywords: Product availability, DMAIC methodology, internal downtime, finished product.

Índice general

Resumen	I
Abstract	II
Índice general	III
Abreviaturas	VI
Simbología	VII
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	1
1.2 Descripción del problema	1
1.3 Justificación del problema	2
1.3.1 Indicador social.....	2
1.3.2 Indicador económico	3
1.3.3 Indicador ambiental	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 Marco teórico.....	3
1.5.1 Metodología DMAIC	3
1.5.2 Voice of Customer	4
1.5.3 SIPOC.....	4
1.5.4 Diagrama de Ishikawa.....	4
1.5.5 5 Porqués	4
Capítulo 2	5
2. Metodología.	5
2.3 Definición	5
2.3.1 Antecedentes del cliente	5
2.3.2 Necesidades del cliente	5

2.3.3	Estratificación del problema.....	7
2.3.4	Diagramación del proceso.....	9
2.3.5	Definición de la variable de respuesta.....	9
2.3.6	Definición del problema.....	10
2.4	Medición.....	10
2.4.1	Prueba de normalidad.....	11
2.4.2	Cartas de control.....	12
2.4.3	Problema enfocado.....	13
2.5	Análisis.....	14
2.5.1	Lluvia de ideas.....	14
2.5.2	Diagrama de Ishikawa.....	14
2.5.3	Matriz Causa – Efecto.....	15
2.5.4	Matriz Impacto y Esfuerzo.....	16
2.5.5	Plan de verificación de causas.....	16
2.6	Análisis de posibles causas mediante 5 Porqués.....	19
Capítulo 3.....		21
3.	Implementación de soluciones.....	21
3.3	Posibles soluciones.....	21
3.4	Matriz de priorización Impacto-Esfuerzo.....	22
3.5	Plan de implementación.....	23
3.6	Desarrollo de las soluciones.....	23
3.6.1	Cambio de los controles visuales para mostrar la posición correcta de las guías.....	23
3.6.2	Diseño de métricas para medir los conocimientos adquiridos por el operario....	24
3.6.3	Desarrollo de un formato dinámico para compartir información en tiempo real	25
3.6.4	Estandarización de los procesos de calibración y limpieza a partir de estándares globales.	26
3.7	Resultados y análisis.....	26

3.8	Análisis mediante herramientas estadísticas.....	27
3.8.1	Análisis de Capacidad y Cartas de control.....	27
3.9	Plan de control.....	28
4.	Capítulo 4.....	30
4.1	Conclusiones y recomendaciones.....	30
4.1.1	Conclusiones.....	30
4.1.2	Recomendaciones.....	30
	Referencias.....	31

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Definición, Medición, Análisis, Implementación y Control
CTQ	Critical to Quality Tree
VOC	Voice of Customer

Simbología

Hls	Hectolitros
Kw	Kilowattsob

Índice de figuras

Figura 1 Necesidades del cliente. Elaboración propia	6
Figura 2 CTQ Tree. Elaboración Propia	6
Figura 3 Ventas de cerveza para cada presentación. Elaboración propia	7
Figura 4 Diagrama de Pareto para las clases de paradas. Elaboración propia	8
Figura 5 Serie de tiempo para la parada operacional. Elaboración propia.....	8
Figura 6 SIPOC de la línea de latas. Elaboración propia	9
Figura 7 Definición del problema. Elaboración propia.....	10
Figura 8 Plan de recolección de datos. Elaboración propia	11
Figura 9 Prueba de normalidad de los datos. Elaboración propia	11
Figura 10 Cartas de control. Elaboración propia.....	12
Figura 11 Análisis de capacidad. Elaboración propia	12
Figura 12 Diagrama de Pareto para el tiempo de parada por máquina. Elaboración propia.....	13
Figura 13 Lluvia de ideas. Elaboración propia	14
Figura 14 Diagrama de Ishikawa. Elaboración propia	15
Figura 15 Matriz Causa - Efecto. Elaboración propia.....	15
Figura 16 Matriz Impacto y Esfuerzo.	16
Figura 17 Plan de verificación de causas. Elaboración propia.....	16
Figura 18 Prueba de hipótesis mediante Minitab. Elaboración propia	17
Figura 19 Formato para ingreso de actividades de mantenimiento realizadas.....	18
Figura 20 Checklist destinado para verificación de parámetros de arranque en máquina	18
Figura 21 Análisis mediante 5 Porqués para causa 1. Elaboración propia	19
Figura 22 Análisis mediante 5 Porqués para causa 2. Elaboración propia	19
Figura 23 Análisis mediante 5 Porqués para causa 3. Elaboración propia	20
Figura 24 Análisis mediante 5 Porqués para causa 4. Elaboración propia	20
Figura 25 Matriz Impacto-Esfuerzo de soluciones	22
Figura 26 Control visual anterior	24
Figura 27 Control visual propuesto	24
Figura 28 Metodología para definición de métrica. Elaboración propia.....	24
Figura 29 Formato dinámico para registro de Gepack.....	25
Figura 30 Estado del proceso antes de la aplicación de las soluciones.....	27
Figura 31 Estado del proceso después de la aplicación de las soluciones	28
Figura 32 Antes y después de tiempos de paradas operacionales	28

Figura 33 Plan de control	29
Figura 34 Control visual desarrollado para el área de envasado	29

Índice de tablas

Tabla 1 Tabla 1 Análisis financiero de las posibles soluciones	21
Tabla 2 Plan de implementación de soluciones	23

Capítulo 1

1.1 Introducción

Uno de los requisitos fundamentales en toda empresa de producción es el cumplimiento de las órdenes de producción, para lo cual es de vital importancia mantener el flujo continuo de sus operaciones. Por esta razón, una de las actividades clave para la consecución de este objetivo es mantener procesos productivos con tiempos de parada mínimos y acciones críticas ante fallos internos y/o externos.

No controlar los tiempos de paradas en las líneas de producción puede derivar en retrasos en órdenes de producción que afectan al nivel de servicio ofertado, además de implicar costos asociados a posibles pérdidas de materia prima cuando no se tienen planes de acción claros que permitan reaccionar de manera precisa ante problemas operacionales, metodológicos entre otros. La falta de planes de acción en muchos casos origina más paradas en los procesos ya que no se logra determinar de manera precisa la fuente de falla para causas específicas.

Este proyecto busca afrontar el problema en tiempos de paradas en la línea de latas de una empresa cervecera en la ciudad de Guayaquil, para lo cual se utilizarán herramientas de mejora continua para la identificación de causas raíz que no permiten el flujo continuo de las operaciones en el área, de tal manera que, se logre identificar de manera concreta las fuentes de tiempos perdidos asociados a paradas internas en el área de envasado de la línea de envasado de latas de cerveza.

1.2 Descripción del problema

Actualmente la empresa cuenta con una creciente demanda en sus niveles de producción en el área de enlatado, por lo que es de vital importancia asegurar la reducción de paradas en el área de envasado, de tal manera que se logren entregar los lotes en el tiempo estimado.

Al momento, se mantiene un registro interno de las paradas ocasionadas en el área, sin embargo, no se evidencian puntos de enfoque para prevenir las fallas que se han presentado de manera histórica, así como tampoco se tienen procedimientos claros para la revisión de los equipos al inicio del turno y de procesos que permitan reducir el tiempo de respuesta frente a las paradas de producción.

De aquí surge la necesidad de la implementación de una metodología enfocada en la reducción de tiempos que permita identificar y llevar a cabo mejoras en las etapas claves del proceso para conseguir el flujo continuo de las actividades.

1.3 Justificación del problema

La problemática sobre el tiempo de paradas afecta a los diversos indicadores de la compañía, uno de estos indicadores corresponde al OPI que significa Operational Performance Indicator o Indicador de Rendimiento Operacional. Dicho indicador mide el rendimiento de la línea de latas y de botellas, por lo que las paradas hacen que las líneas tengan un bajo rendimiento. Adicionalmente, es importante recalcar que una hora de parada equivale a una pérdida de \$300 y que por hora la línea de latas es capaz de envasar 30.000 latas por hora en el formato de 24 unidades y 22.000 latas por hora para los formatos de 12 unidades, 4x6 y 6x4. A su vez, la reducción en el tiempo de paradas mejora tres factores importantes para la empresa: El económico, social y ambiental.

1.3.1 Indicador social

Con una disminución en el tiempo de paradas, la carga operativa también se reduce ya que, como no cuentan con un plan de acción, el operador muchas veces debe pedir ayuda los operadores más expertos o pide asistencia a los operadores de otras máquinas para identificar el origen de la parada; esto ocasiona más tareas para el operador.

1.3.2 Indicador económico

Como se mencionó previamente, 1 hora de parada ocasiona una pérdida monetaria de \$300, sin embargo, la reducción del tiempo de paradas también afecta a la cantidad de hectolitros envasados. Por ende, un menor de tiempo paradas resulta en una mayor cantidad de cerveza envasada y menos pérdidas monetarias.

1.3.3 Indicador ambiental

Actualmente, cuando ocurre una parada en la línea de latas las máquinas y bandas de transporte no se apagan. Esto ocasiona un incremento en el consumo energético de la línea.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general

Reducir el tiempo promedio de paradas operacionales en la línea de latas de 3,92 horas a 3,22 horas por semana desde junio hasta septiembre del 2023.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar actividades internas y externas en el proceso de inspección de máquinas en la línea de latas.
2. Estandarizar procesos y parámetros en el proceso de inspección de máquinas en la línea de latas.
3. Desarrollar un sistema de control de actividades de inspección y tiempos de ejecución en la línea de latas.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Metodología DMAIC

La metodología DMAIC es una herramienta sistemática inspirada en el ciclo PDCA de Deming para la administración de proyectos la cual se encuentra conformada por las etapas de:

definir, medir, analizar, implementar y controlar; cuya finalidad es la de mejorar procesos partiendo de la información prevista por los procesos analizados (Gupta, 2013).

1.5.2 Voice of Customer

Voice of customer (Voz del cliente) se define como un proceso crítico que permite recopilar y almacenar de manera precisa las necesidades y expectativas de los clientes con respecto a un producto o servicio que se esté analizando (Aguwa et al, 2017).

1.5.3 SIPOC

Las siglas SIPOC (supplier, input, process, output, customer) indican la información presentada en esta herramienta de análisis organizacional de los procesos que se busquen mejorar, este es presentado a través de un resumen a modo de tabla, donde se desglosan cada una de las actividades (por sigla) de manera secuencial (Maier et al, 2016).

1.5.4 Diagrama de Ishikawa

Es una herramienta de control de calidad mediante la cual se identifican potenciales causas raíz a partir de la recopilación de ideas (generalmente en sesiones de lluvias de ideas) las cuales son analizadas y categorizadas en una de las “6 M”: materiales, mano de obra, máquina, medio ambiente, método y medición (Wong, 2011).

1.5.5 5 Porqués

Esta técnica permite determinar causas raíz mediante la pregunta “¿Por qué?” 5 veces de tal manera que se otorgue un único punto de enfoque, lo que permitirá centrar esfuerzos al establecer un objetivo claro en el análisis deseado (Card, 2017).

Capítulo 2

METODOLOGÍA.

En este proyecto se utilizó la metodología DMAIC y sus 5 fases fueron desarrolladas para solucionar un problema vital para la empresa, la cual se enfrenta a una demanda creciente. La primera fase es la de definición, en este apartado se obtienen los primeros datos y se establece el problema con su respectivo objetivo.

2.3 Definición

La primera etapa empieza presentando los antecedentes de la compañía y cómo se encuentra en la actualidad. Esto se realiza con la finalidad de conocer más sobre el ambiente donde se está generando el problema y cuáles son los factores que intervienen.

2.3.1 Antecedentes del cliente

La empresa bajo estudio está ubicada en la vía Daule de la ciudad de Guayaquil, se dedica a la elaboración, distribución y venta de cervezas en botellas y latas. En la actualidad, comercializa sus productos de manera directa, con su propia flota de camiones, y de manera indirecta, terciarización del servicio de distribución, para atender a sus clientes en todas las partes del país.

2.3.2 Necesidades del cliente

Desde noviembre del 2022, la demanda de los productos ha crecido rápidamente y la empresa ha centrado todos sus esfuerzos para responder de forma oportuna. Este crecimiento ocasiona que la compañía se vea obligada a producir más unidades de las planificadas para cubrir los pedidos extras y satisfacer al cliente, debido a esto, la disponibilidad del producto se vuelve un indicador esencial para toda la empresa.

En base a esto, se realizaron reuniones con las personas que se ven directamente afectadas con este cambio en la demanda, en este punto se desarrolló el VOC (Voice Of Customer) para conocer sus opiniones, esto dio como resultado las necesidades descritas en la figura 1.

- Planning Manager (Gerente de Planificación)**
 - Existe una marcada diferencia entre las unidades planificadas y las ventas reales.
 - Incumplimiento de las unidades ofrecidas al cliente.
 - Stockouts esporádicos en diferentes productos.
- Planner (Planificador)**
 - Largos tiempos de cambio de formato.
 - Hay días donde el inventario disponible es menor que el nivel mínimo de inventario permitido.
 - La disponibilidad de producto se encuentra fuera del rango permitido.
- Packaging Manager (Gerente de envasado)**
 - Alta incidencia de paradas programadas y no programadas en la línea de envasado
 - La capacidad de la línea está cerca del 100%.
 - No todos los procesos del área se encuentran levantados o documentados.

Figura 1 Necesidades del cliente. Elaboración propia

Luego de recopilar las necesidades, se aplicó la herramienta del CTQ Tree (Critical To Quality) para agrupar y cuantificar todas estas necesidades con su respectivo indicador.

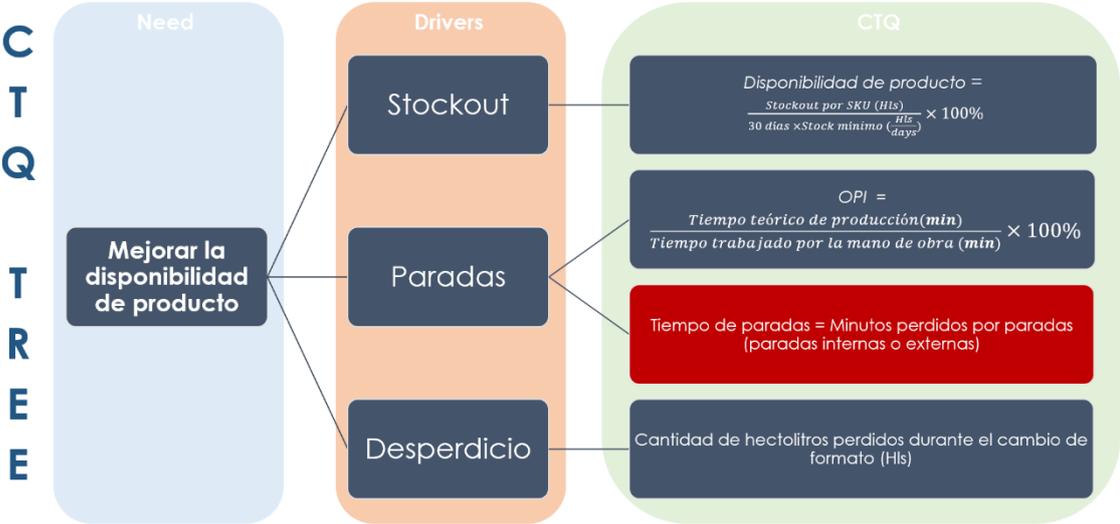


Figura 2 CTQ Tree. Elaboración Propia

Como se puede observar en la figura 2, la métrica referente a los tiempos de paradas está de color rojo ya que, luego de revisar con las partes interesadas, estos tiempos están fuertemente relacionados con la disponibilidad del producto debido a que, si la línea de envasado se detiene,

entonces no se producen las unidades planificadas y no se satisface el pedido del cliente. Por lo tanto, esta métrica se volvió el enfoque del proyecto.

2.3.3 Estratificación del problema

Como se mencionó previamente, los productos de cliente se venden en latas y en botellas, por esa razón se realizó un análisis para determinar qué línea de envasado es la más crítica para las ganancias del cliente. Para este análisis se utilizaron las ventas de los últimos meses y los resultados se muestran en la figura 3, donde la venta de cerveza en lata corresponde a un 65% de las ventas:

Ventas de cerveza desde Noviembre del 2022 a Mayo del 2023

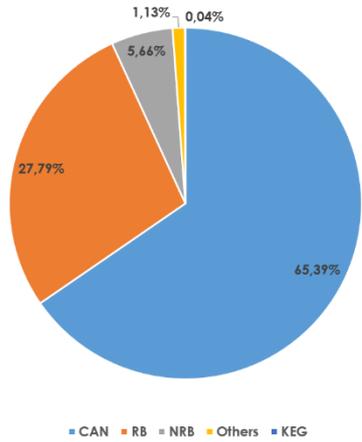


Figura 3 Ventas de cerveza para cada presentación. Elaboración propia

Con estos resultados, se escogió a la línea de latas como el punto de partida. Como siguiente paso se analizaron los tipos de paradas registradas en la línea de envasado, para este proyecto se decidió trabajar con las paradas internas luego de conversar con el cliente. Estas paradas internas presentan 7 clases relacionadas a su origen: Operacional, mecánica, eléctrica, automatización e instrumentación. Para conocer cuál de ellas representa el mayor tiempo, se realizó un diagrama de Pareto donde se concluyó que las paradas operacionales son las que más ocurren en la línea de latas y por ende retrasan más la distribución y venta de los productos.

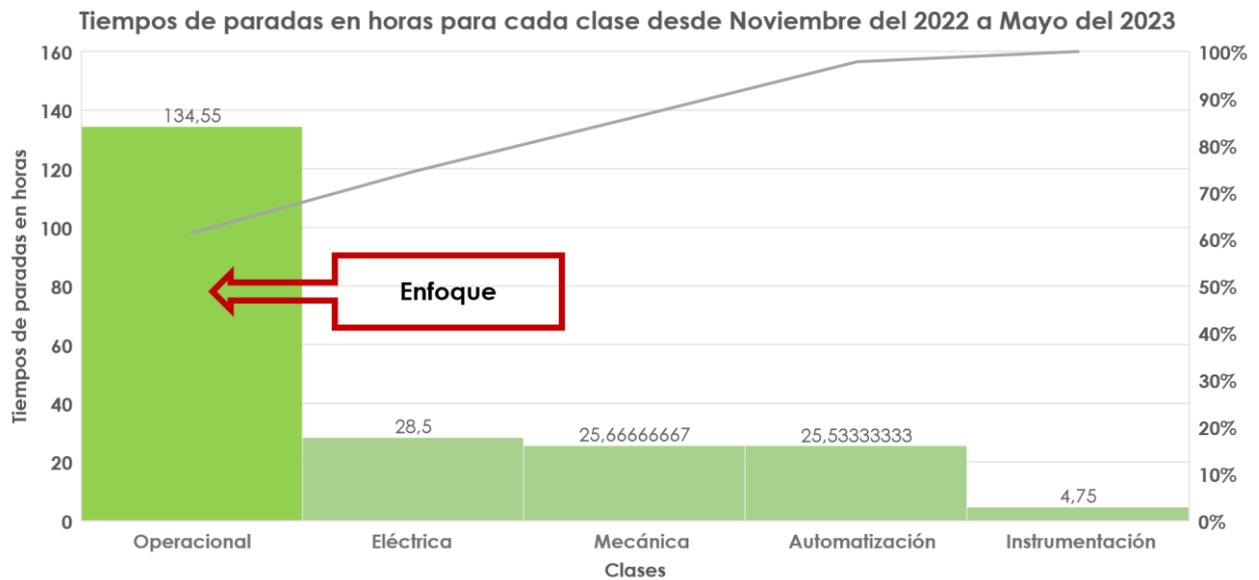


Figura 4 Diagrama de Pareto para las clases de paradas. Elaboración propia

Una vez que se definió cual sería la clase de parada a mejorar, se realizó una serie de tiempo para analizar cómo se ha comportado este tiempo desde noviembre del año pasado a mayo del 2023. Con ayuda de la serie de tiempo, se conoció que el promedio de horas semanales para las paradas operacionales es de 3,91, el máximo de horas por semana registrado es de 10,22 y el mínimo es igual a 1,15.



Figura 5 Serie de tiempo para la parada operacional. Elaboración propia

2.3.4 Diagramación del proceso

A continuación, se desarrolló el SIPOC para la línea de latas, se pueden observar los diferentes departamentos que intervienen y los materiales que necesitan para que la línea no se detenga.

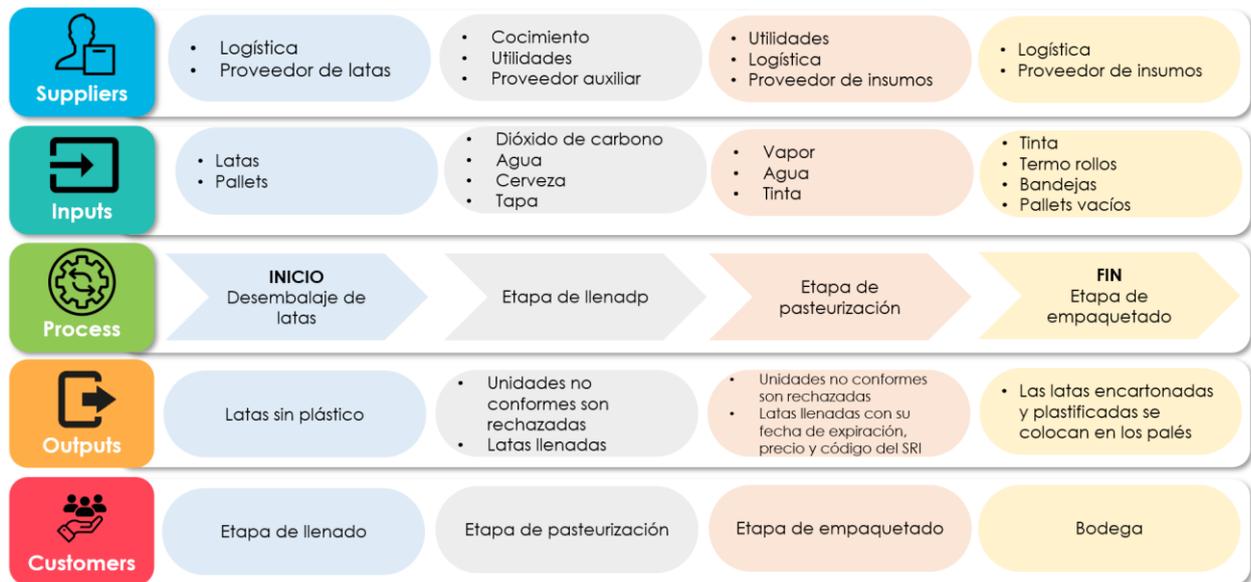


Figura 6 SIPOC de la línea de latas. Elaboración propia

2.3.5 Definición de la variable de respuesta

Como se mencionó previamente, el enfoque se centró en las paradas operacionales. Una parada operacional se define como una actividad independiente que los operarios son responsables de revisar, pero no lo hicieron. Su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Tiempos de parada operacional (minutos)} = \text{el instante en que la máquina vuelve a funcionar} - \text{el instante en que la máquina deja de funcionar} \quad (1)$$

Cabe recalcar que el instante sigue el formato de “horas: minutos” y la resta devuelve los minutos que demoró una parada.

2.3.6 Definición del problema

Gracias a toda la información recopilada, se aplicó la herramienta del 3W+2H para definir el problema, de modo que la problemática se expresa en la figura 7.

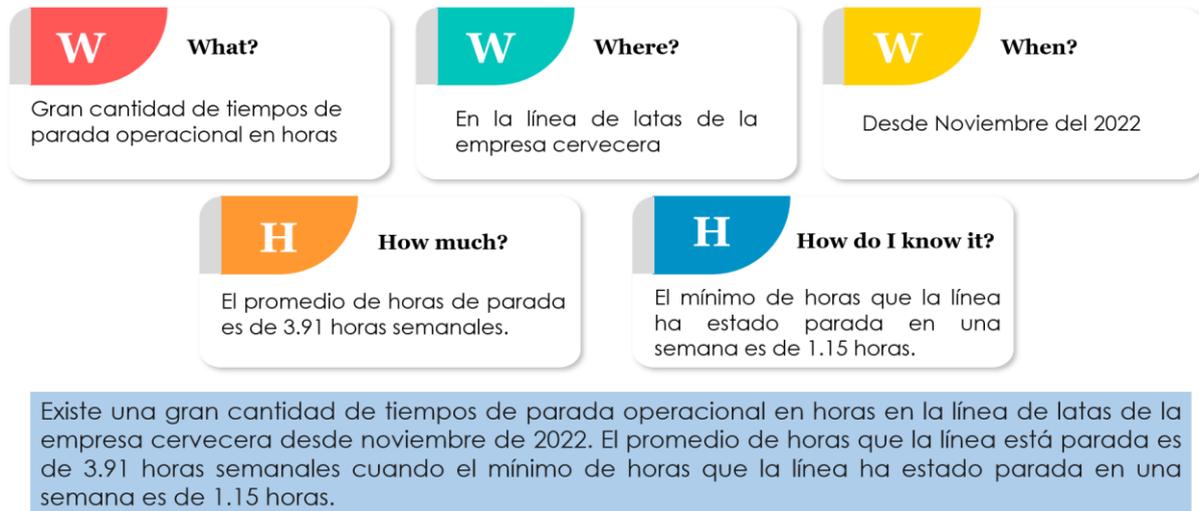


Figura 7 Definición del problema. Elaboración propia

Asimismo, se estableció el objetivo del proyecto. El cual se define como: Disminuir el tiempo promedio de la parada operacional en la línea de lata de 3,91 horas a 3,22 horas semanales en 3 meses. Con esto, se procedió a la segunda fase de la metodología DMAIC, la fase de medición.

2.4 Medición

La etapa de medición comenzó con la elaboración del plan de recolección de datos, en este plan definido en la figura 8 se detallan todas las variables que influyen en la variable de salida y cómo se obtuvieron. Para las variables presentadas se utilizó como factor de estratificación el tipo de parada, existen dos tipos: Mano de obra y fallo de la máquina. La primera corresponde a paradas ocasionadas por falta de limpieza, incorrecta calibración, entre otros; mientras que el fallo de la máquina involucra aspectos mecánicos como el desgaste de las piezas.

Qué?							Cuándo?	Dónde?	Cómo?	Por qué?	Quién?	Estado
Variable	Significado operacional	Medida	Unidad de medida	Tipo de datos	Tamaño de muestra	Factores de estratificación	Fecha	Punto de origen	Método de recolección	Uso futuro	Responsable	
X1	Tiempo de parada en la máquina Modulfil	-	Horas	Cuantitativo-Continuo	Noviembre 2022-Mayo 2023	Por tipo	Mayo 2023-Sept 2023	Área de Packaging	Datos históricos	Identificar las etapas con más tiempo de parada dentro del proceso	Equipo de Packaging	Completado
X2	Tiempo de parada en la máquina Varioline	-	Horas	Cuantitativo-Continuo	Noviembre 2022-Mayo 2023	Por tipo	Mayo 2023-Sept 2023	Área de Packaging	Datos históricos	Identificar las etapas con más tiempo de parada dentro del proceso	Equipo de Packaging	Completado
X3	Tiempo de parada en la máquina Variopac	-	Horas	Cuantitativo-Continuo	Noviembre 2022-Mayo 2023	Por tipo	Mayo 2023-Sept 2023	Área de Packaging	Datos históricos	Identificar las etapas con más tiempo de parada dentro del proceso	Equipo de Packaging	Completado
X4	Tiempo de parada en la máquina Modulpal	-	Horas	Cuantitativo-Continuo	Noviembre 2022-Mayo 2023	Por tipo	Mayo 2023-Sept 2023	Área de Packaging	Datos históricos	Identificar las etapas con más tiempo de parada dentro del proceso	Equipo de Packaging	Completado
X5	Tiempo de parada en la máquina Pressant	-	Horas	Cuantitativo-Continuo	Noviembre 2022-Mayo 2023	Por tipo	Mayo 2023-Sept 2023	Área de Packaging	Datos históricos	Identificar las etapas con más tiempo de parada dentro del proceso	Equipo de Packaging	Completado

Figura 8 Plan de recolección de datos. Elaboración propia

2.4.1 Prueba de normalidad

Luego de recolectar los datos relacionados a cada una de las variables presentadas en el plan de recolección, se procedió a realizar la prueba de normalidad de los datos (Figura 9). Se utilizó el programa Minitab para su elaboración y como resultado se obtuvo un valor p mayor a 0.05, por lo que se aceptó la hipótesis nula y se concluye que los datos si siguen una distribución normal.

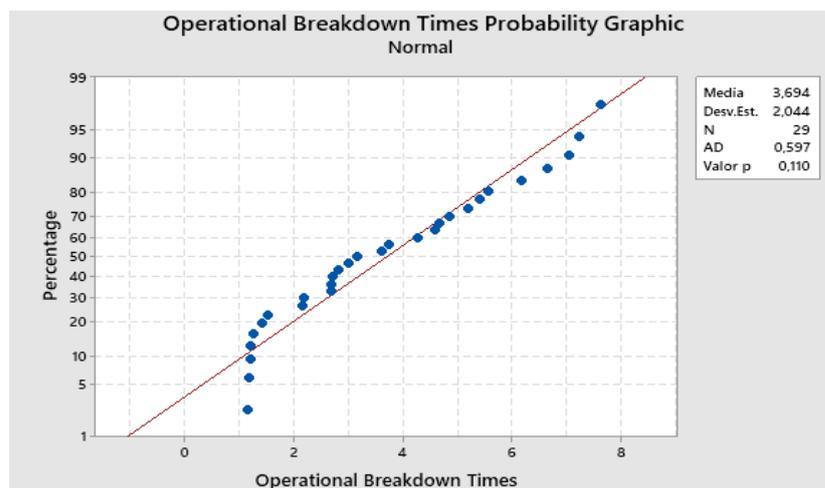


Figura 9 Prueba de normalidad de los datos. Elaboración propia

2.4.2 Cartas de control

Después, se realizaron las cartas de control del proceso. En las primeras cartas de control que se realizaron se tuvo un punto que excedía el límite superior y fue eliminado luego de conocer que no es probable que se repita. De manera que, las cartas de control quedaron tal como se muestra en la figura 10:

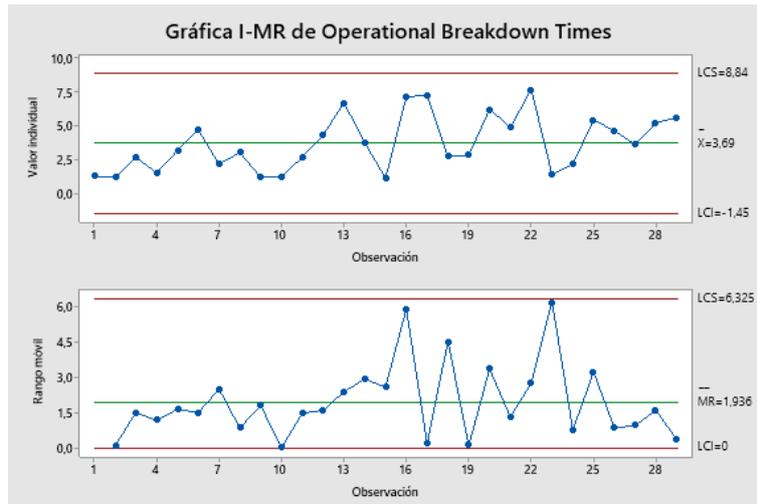


Figura 10 Cartas de control. Elaboración propia

Se utilizó el gráfico I-MR y sus son valores de 8.84 para el límite superior de especificación, 1.45 para el límite inferior de especificación, se trabajó con un tamaño de muestra igual a 29 datos y esto dio como resultado una media de 3.69 horas. Por lo tanto, el proceso es estable y dio paso para el análisis de capacidad del proceso en la figura 11.

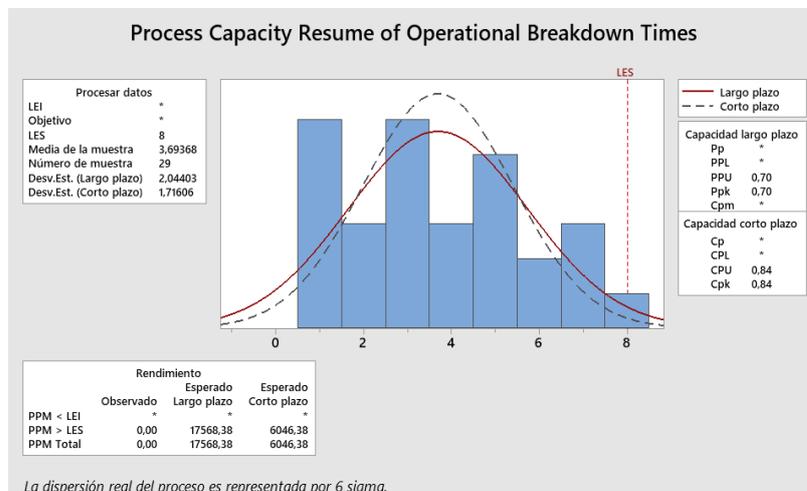


Figura 11 Análisis de capacidad. Elaboración propia

Con el programa Minitab se realizó el análisis de capacidad y se fijó como límite superior el valor de 8 horas. Se calculó un Cpk igual a 0.84 lo cual indica que el proceso no es adecuado y no es capaz de cumplir con especificaciones.

2.4.3 Problema enfocado

Con los datos recopilados en el plan de recolección de datos, se realizó un diagrama de Pareto en la figura 12 para conocer las máquinas que tienen un mayor tiempo de parada registrado y así darles prioridad. Estas máquinas fueron la Varioline y la Variopac.

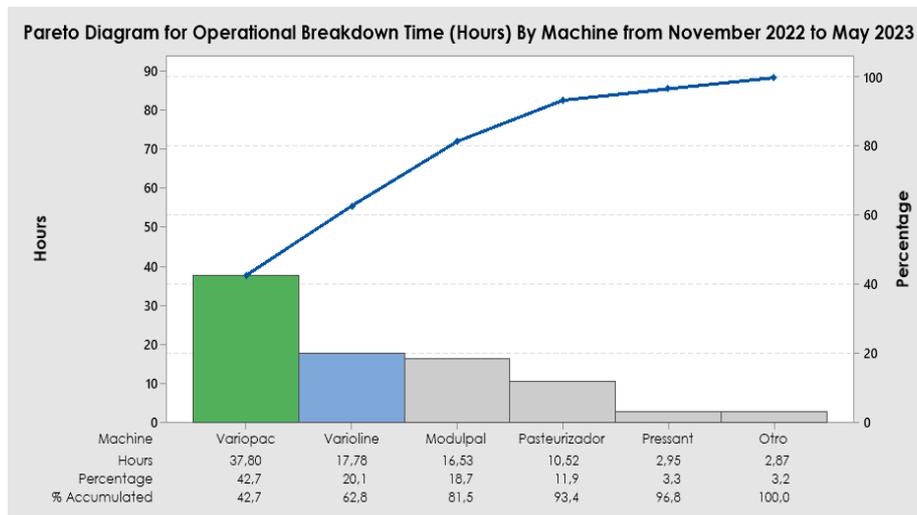


Figura 12 Diagrama de Pareto para el tiempo de parada por máquina. Elaboración propia

La Variopac registra un promedio de tiempo de parada operacional de 1.71 horas por semana, el tiempo más bajo registrado es de 0.16 horas por semana. Por otro lado, la Varioline registra un promedio de 0.72 horas por semana y su registro más bajo es igual a 0.06 horas.

2.5 Análisis

2.5.1 Lluvia de ideas

El brainstorming o lluvia de ideas se llevó a cabo mediante una sesión con los operadores que conforman la línea de latas, por lo que, también se incluyeron a los operadores de las máquinas modulfill y modulpal, así como al auxiliar de la pasteurizadora entre otros, los 16 hallazgos se ven reflejados en la figura 13.

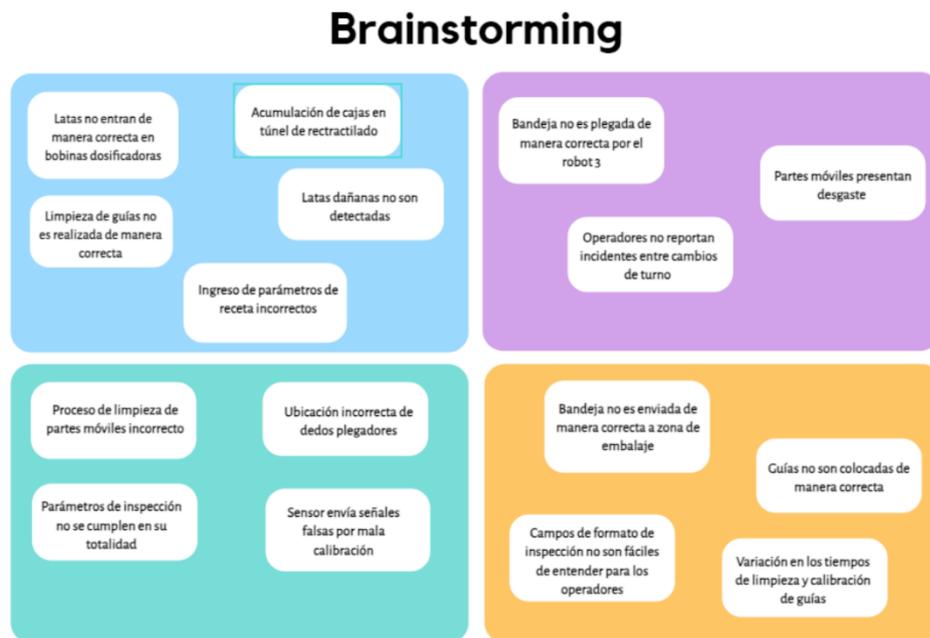


Figura 13 Lluvia de ideas. Elaboración propia

2.5.2 Diagrama de Ishikawa

Una vez realizada la lluvia de ideas, se categorizaron los 16 hallazgos en 3 categorías reflejadas en el diagrama de Ishikawa presentado en la figura 14, siendo estas: máquina, mano de obra y método. Cabe recalcar que no se eliminaron hallazgos ya que se consideró que todos guardan relación con el problema enfocado.

Diagrama de Ishikawa

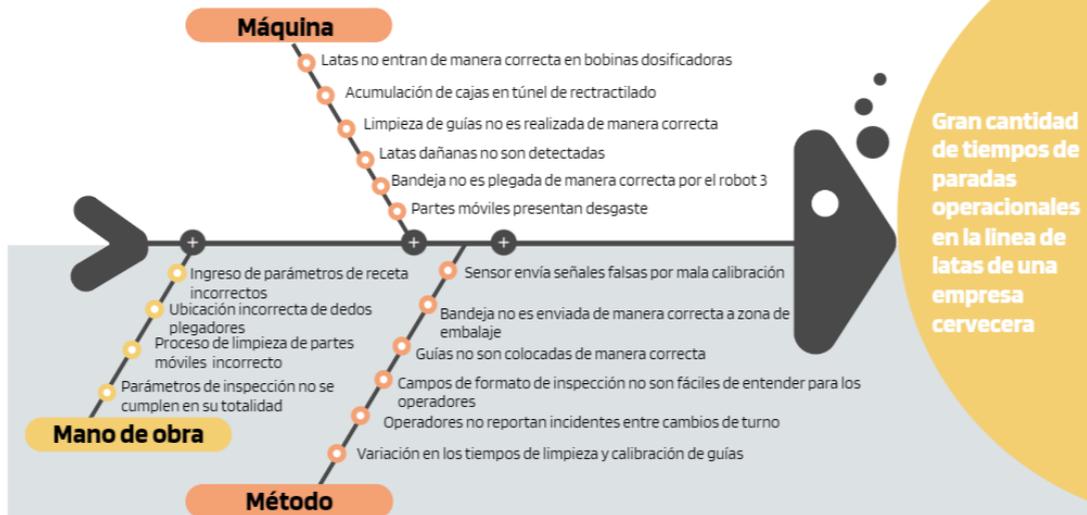


Figura 14 Diagrama de Ishikawa. Elaboración propia

2.5.3 Matriz Causa – Efecto.

Como siguiente paso se elaboró la matriz causa – efecto para cuantificar la importancia de las potenciales causas recolectadas. Este proceso se llevó a cabo mediante dos encuestas en las cuales se evaluaban el nivel de importancia de las variables Y definidas en el problema enfocado y también, el nivel de relación de las posibles causas, de tal manera que se puedan cuantificar las más relevantes. El resultado se presenta más detalle en la figura 15.

Variable	Descripción	Y1: Elevados tiempos de parada de la máquina Variopac en la línea de enlatado (8)				Y2: Elevados tiempos de parada de la máquina Varioline en la línea de enlatado (7)				Total
		Gerente de envasado	Analista de envasado	Supervisor de envasado	Líder de la línea	Gerente de envasado	Analista de envasado	Supervisor de envasado	Líder de la línea	
X1	Parámetros de inspección no se cumplen en su totalidad	0	3	3	9	0	3	9	9	267
X2	Proceso de limpieza de partes móviles incorrecto	1	9	9	9	1	9	9	9	420
X3	Ubicación incorrecta de dedos plegadores	0	1	3	9	0	0	1	9	174
X4	Ingreso de parámetros de receta incorrectos	0	1	3	9	0	0	1	3	132
X5	Latas no entran de manera correcta en bobinas dosificadoras	1	1	3	3	0	3	9	9	211
X6	Acumulación de cajas en túnel de retractilado	0	1	1	1	0	0	0	1	31
X7	Limpieza de guías no es realizada de manera correcta	3	3	9	9	0	3	9	9	339
X8	Latas dañanas no son detectadas	0	0	1	9	0	0	1	9	150
X9	Bandeja no es plegada de manera correcta por el robot 3	0	0	0	3	3	3	9	9	192
X10	Partes móviles presentan desgaste	0	3	9	9	3	3	9	9	336
X11	Sensor envía señales falsas por mala calibración	0	3	3	3	0	3	3	3	135
X12	Bandeja no es enviada de manera correcta a zona de embalaje	3	3	3	9	0	0	0	0	144
X13	Guías no son colocadas de manera correcta	0	9	9	9	3	9	9	9	426
X14	Campos de formato de inspección no son fáciles de entender para los operadores	0	1	1	9	0	1	1	9	165
X15	Operadores no reportan incidentes entre cambios de turno	0	1	3	3	0	1	3	3	105
X16	Variación en los tiempos de limpieza y calibración de guías	1	9	9	9	1	9	9	9	420

Figura 15 Matriz Causa - Efecto. Elaboración propia

2.5.4 Matriz Impacto y Esfuerzo

Una vez realizadas las ponderaciones en la Matriz Causa – Efecto, se obtuvieron 10 causas con mayor ponderación, las cuales, posterior al análisis mostrado en la figura 16 se lograron determinar 4 en la categoría “Ganancias rápidas”, es decir, menor esfuerzo y mayor impacto.

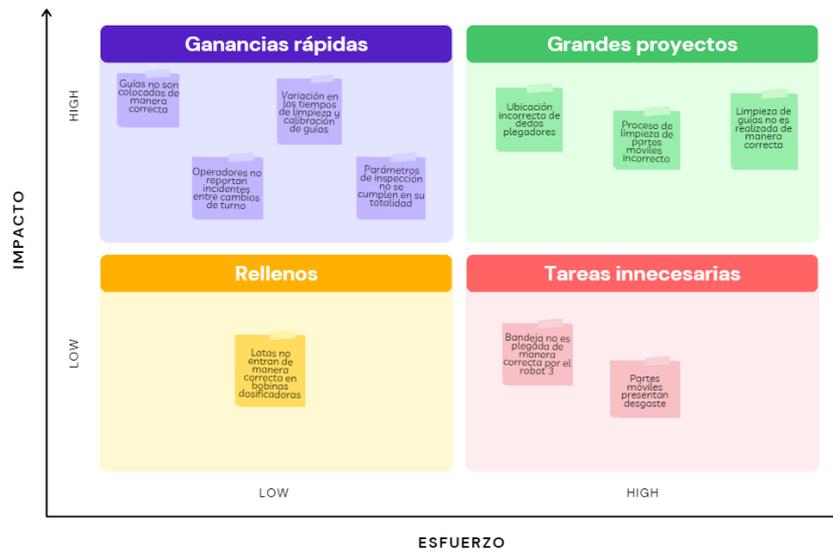


Figura 16 Matriz Impacto y Esfuerzo.

2.5.5 Plan de verificación de causas

Para poder validar el impacto de las posibles causas obtenidas en la matriz impacto y esfuerzo se desarrolló el siguiente plan de verificación de causas para poder determinar de qué manera impactan en los tiempos de paradas operacionales en la línea de latas, las herramientas usadas se detallan en la figura 17.

Causa Potencial	Teoría de Impacto	¿Cómo se verificó?	Estatus
Guías no son colocadas de manera correcta	La incorrecta posición de las guías causan que las latas de cerveza exploten, además de que la línea deba parar para limpieza. Sumado a esto, si las guías están muy flojas, los sensores no pueden identificar las latas provocando que estas se caigan.	Gemba – Fotos y videos de las guías	Completado
Variación en los tiempos de calibración y limpieza de guías	La falta de procedimientos estándar produce variaciones en los tiempos de ejecución, lo que resulta en muchos casos en el incremento de tiempo que la máquina permanece parada	Gemba – Charlas con supervisores y operadores	Completado
Operadores no reportan incidentes entre turnos	Los operadores no comentan las fallas o cambios realizados durante su turno al realizar el relevo. Esto implica que, si al operador actual se le presenta el mismo problema, debe realizar el proceso de identificación nuevamente; derivando en más tiempo de parada.	Gemba – Charlas con operadores y fotos de las conversaciones en grupo de información	Completado
Parámetros de inspección no se siguen completamente	El ingreso de parámetros incorrectos provoca reproceso y las máquinas deben ser recalibradas para iniciar su ciclo nuevamente.	Gemba – Verificar los parámetros de la Variopac y Varioline	Completado

Figura 17 Plan de verificación de causas. Elaboración propia

2.5.5.1 Verificación de causa: Guías no son colocadas de manera correcta

Para esta verificación se realizó una verificación in situ del funcionamiento de las guías, además de corroborar que se esté originando el modo de fallo a partir de la causa, lo cual quedó respaldado por múltiples paradas registradas a través de imágenes. Entre los problemas ocasionados están: la caída de las latas, detección incorrecta en el robot 3, entre otras.

2.5.5.2 Variación en los tiempos de calibración y limpieza de guías

Se realizó una prueba t a partir de los tiempos registrados en el formato Gepack para determinar si presentaba una diferencia con respecto a un valor objetivo de 8 minutos, lo que implicaría que hay variaciones marcadas con tiempos estándar de ejecución.

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 8$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 8$

Valor T Valor p

3,52 0,001

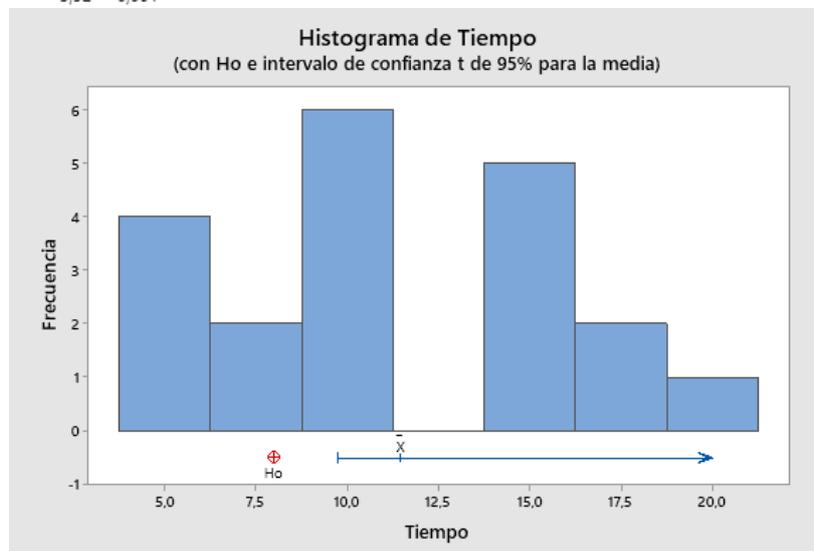


Figura 18 Prueba de hipótesis mediante Minitab. Elaboración propia

Por tanto, se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que existe variación en los tiempos de limpieza y calibración de las guías a partir de una prueba t de medias con un valor P menor a 0,05.

2.5.5.3 Operadores no reportan incidentes entre turnos

Para esta validación, se realizó el seguimiento del proceso que debe seguir el operador en caso de darse una parada operacional, donde uno de los pasos es el reporte de incidentes al grupo interno de Whatsapp que ellos manejan, donde se evidenció la omisión de información relacionada a eventos sucedidos en el turno anterior que influyeron en eventos posteriores.

2.5.5.4 Parámetros de inspección no se cumplen en su totalidad

Para esta validación, se realizó la revisión de información registrada en el GePack que llenan los operadores, en donde se pudo constatar que muchas veces se omiten campos obligatorios definidos en el listado de inspección que deben realizar cada vez que reciben el turno.

TIPO DE PARADA	Área	Equipamiento	Comentario	Causa Raíz	Tipo	Prod	Enfoque
INTERNA	Operacional	Varioline	F.F. Colisión en robot 4. M.F. Sixpack mal formado choca con la del robot 4.	Chopas en mal estado ya presentan fisuras, eso hace que el robot 2 no las posicione correctamente en el formador .	Mano de obra	HEINEKEN_CAN_4x6_0,269ML	Estado de equipo sin verificar
INTERNA	Operacional	Variopac	FF: Perturbacion por ventilador de calefaccion tunel retractil. MF: Tunel para de forma inesperada mientras equipo esta rodando.	Se desconoce a la actualidad pero gpa indica que una de las causas puede ser falta de mantenimiento y limpieza de motor ya que esta con excesiva suciedad de polvo.	Mano de obra	RESERVA_CAN_24_0,355ML	Suciedad en equipo
INTERNA	Operacional	Variopac	F.F. Perturbacion por caidas de latas en la envolvedora. M.F. Latas no fluye su paso sobre la cadena.	Cadena con exceso de residuos de cerveza y polvo y no permite el libre avance de la lata. se limpia la cadena con agua.	Mano de obra	HEINEKEN_CAN_24_0,355ML	Suciedad en equipo
INTERNA	Operacional	Variopac	F.F. Envases caidos en el transportador. M.F. latas caidas en las bandejas y transferencia al carton .	Suciedad en las guias.	Mano de obra	RESERVA_CAN_24_0,355ML	Suciedad en equipo

Figura 19 Formato para ingreso de actividades de mantenimiento realizadas

Figura 20 Checklist destinado para verificación de parámetros de arranque en máquina

2.6 Análisis de posibles causas mediante 5 Porqués

Se realizó el análisis de los 5 Porqués con cada una de las posibles causas, dando como resultado diferentes causas raíz que están relacionadas con la de capacitación de los operadores y con la falta de estandarización de procesos para las dos máquinas que más tiempo representan en la línea de latas.

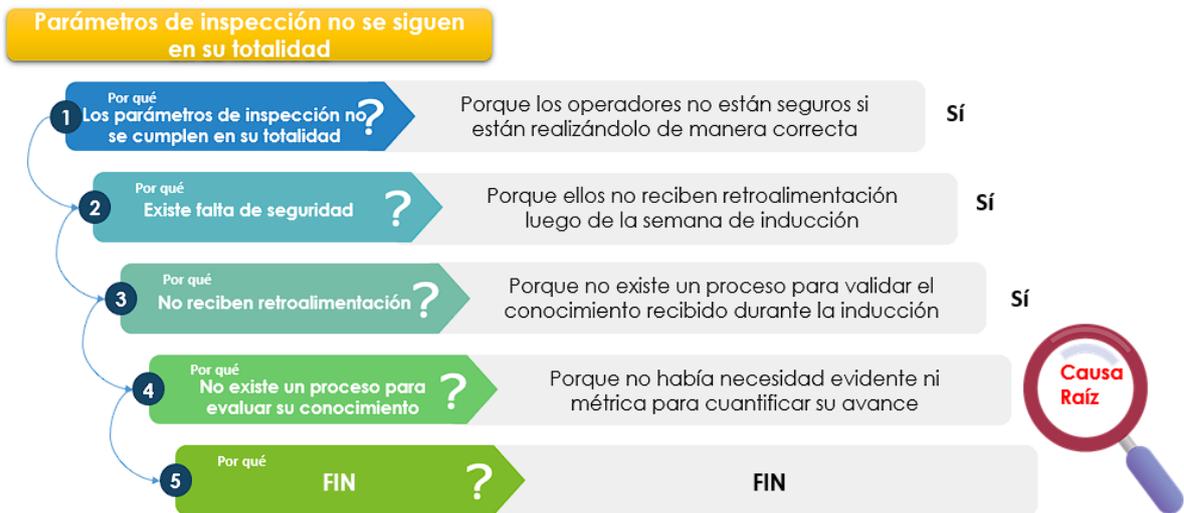


Figura 21 Análisis mediante 5 Porqués para causa 1. Elaboración propia



Figura 22 Análisis mediante 5 Porqués para causa 2. Elaboración propia



Figura 23 Análisis mediante 5 Porqués para causa 3. Elaboración propia



Figura 24 Análisis mediante 5 Porqués para causa 4. Elaboración propia

Capítulo 3

IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES

3.3 Posibles soluciones

Posterior al análisis realizado mediante el desarrollo de análisis de causas, se llevarán a cabo soluciones detalladas en la tabla 1.

N°	Solución	Personal	Tiempo de implementación	Costo de equipo (\$)	Tiempo de capacitación	Costo de capacitación (\$)	Costo total (\$)
1	Adquisición e instalación de un nuevo sistema de calibración de guías	6	70 días	5,000.00-10,000.00	28 horas	364	(5,000.00-10,000.00) + (364)
2	Cambio de los controles visuales para mostrar la posición correcta de las guías	6	7 días	262.08	6 horas	78	340.08
3	Diseño métrico para medir los conocimientos adquiridos por el operador	6	15 días	0.00	4 horas	52	52
4	Estandarización de los procesos de calibración y limpieza según las normas mundiales	6	7 días	0.00	4 horas	52	52
5	Desarrollo de un formato dinámico para compartir información en tiempo real	21	5 días	0.00	14 horas	621.25	621.25
6	Modificación de la lista de control actual	21	7 días	0.00	6 horas	266,25	266,25

Tabla 1 Tabla 1 Análisis financiero de las posibles soluciones

Con todo esto se obtiene una inversión final de \$11,695.58, sin embargo, la solución 6 se decidió combinar con la solución 5 para reducir costos y tiempos asociados a su implementación y posterior capacitación para los operadores.

Esta combinación redujo el total a \$11,429.33. Una vez definidos los puntos clave para cada solución se llevó a cabo el desarrollo de la matriz Impacto-Esfuerzo con el equipo del área de envasado, cuyo resultado está definido en la figura 25.

3.4 Matriz de priorización Impacto-Esfuerzo

Se clasificaron cuatro soluciones como alto impacto y bajo esfuerzo, quedando fuera del plan de implementación la compra del equipo para calibración de las guías debido al tiempo de llegada de este al ser necesaria una adquisición con un proveedor extranjero, sin embargo; la empresa decidió llevarla a cabo a futuro como proyecto interno.

Además, la modificación a la lista de control, por temas de reducción de documentos que se manejen de manera entera por el área se decidió fusionarla con el desarrollo del formato dinámico, quedando únicamente 4 soluciones a desarrollar.

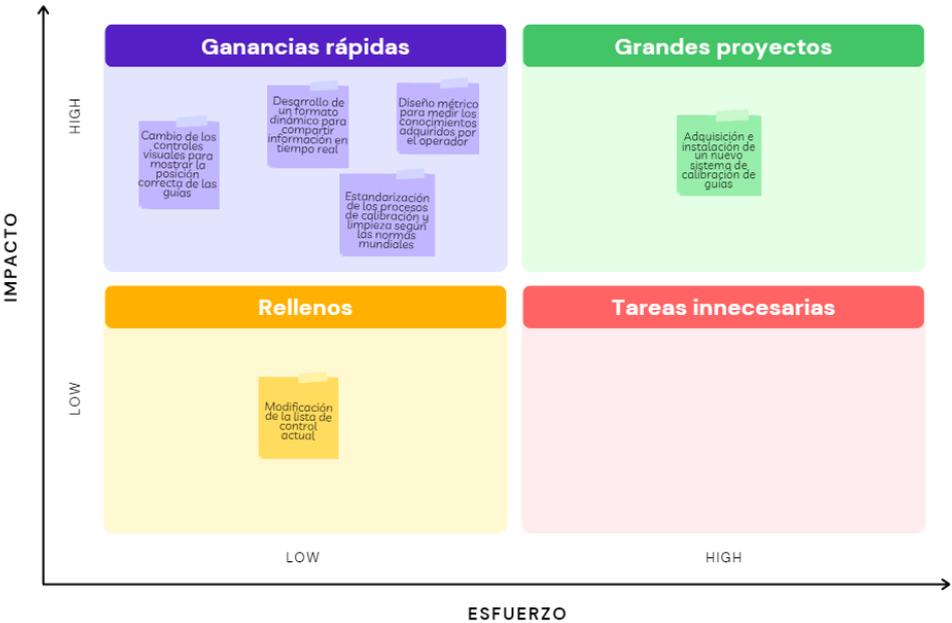


Figura 25 Matriz Impacto-Esfuerzo de soluciones

Las 4 soluciones clasificadas ubicadas en el cuadrante morado se pueden realizar un periodo de tiempo de corto y además requieren de una baja inversión ya que la empresa cuenta las licencias necesarias para poder desarrollarlas.

3.5 Plan de implementación

Con las soluciones definidas en la matriz de Impacto-Esfuerzo se detallaron los pasos necesarios para su implementación a través del plan de implementación mostrado en la tabla 2. En este plan se detalla a los responsables de la implementación, el costo y además cuándo se implementarán.

Causa Raíz	Solución	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuánto?	¿Cuándo?
Falta de herramientas para evitar errores humanos (No hay herramientas disponibles para realizar pruebas)	Cambio de los controles visuales para mostrar la posición correcta de las guías	Los controles visuales actuales no están diseñados para resistir el entorno del proceso y no permiten a los nuevos operarios realizar calibraciones correctas.	Diseño de tarjetas magnéticas para la configuración de cada SKU.	Máquinas Varioline y Variopac	Equipo de envasado/Estudiantes del proyecto	\$228	17/08/2023
Falta de control en inspección de equipos y medición de conocimiento del proceso	Diseño de métrica para medir los conocimientos adquiridos por el operador	La falta de conocimientos sobre inspección tras la formación provoca el ensuciamiento de los sensores y otros dispositivos, lo que genera la parada de la línea porque las latas no cumplen las normas de calidad. Con una supervisión adecuada, se pueden tomar medidas rápidas.	Diseño, implementación y seguimiento de un indicador que refleje el nivel de conocimiento de los operadores sobre los temas adquiridos durante su inducción. Esto se hará a través de un formulario en línea para facilitar su medición y análisis.	Máquinas Varioline y Variopac	Equipo de envasado/Estudiantes del proyecto	\$52	14/08/2023
	Estandarización de los procesos de calibración y limpieza según las normas mundiales	Los procesos de calibración y limpieza a no documentados conducen a un rendimiento incorrecto de las actividades, lo que aumenta el tiempo de parada de la línea debido a variaciones de tiempo o de tareas. Esto es más evidente con los nuevos operarios.	Desarrollo de un diagrama de flujo del proceso utilizando Visio y una hoja de proceso utilizando Word para definir un proceso estándar e identificar oportunidades de mejora para reducir los tiempos de inactividad en la línea de enlatado.	Máquinas Varioline y Variopac	Equipo de envasado/Estudiantes del proyecto	\$52	18/08/2023
No hay control/seguimiento de las incidencias entre turnos	Desarrollo de un formato dinámico para compartir información en tiempo real y modificación de la lista de control existente.	La falta de comunicación provoca que las soluciones/medidas correctoras aplicadas en el turno anterior sean eliminadas por el operario del nuevo turno y se repita la avería, parando la línea.	Diseño de una app (Power Apps)* donde se cargarán las tareas y se mostrarán a los operarios, esto se medirá con Power BI. *Power apps actualmente es soportado por la empresa como parte del servicio office 365.	Línea de latas	Equipo de envasado/Estudiantes del proyecto	\$621, 25	07/08/2023

Tabla 2 Plan de implementación de soluciones

3.6 Desarrollo de las soluciones

3.6.1 Cambio de los controles visuales para mostrar la posición correcta de las guías

Los controles visuales actuales se diseñaron con papel adhesivo, por lo que no resisten el entorno del proceso, debido a esto deben sustituirse varias veces por las limitaciones del material, lo que resulta crítico cada vez que se produce una parada y no están en posición, sumado a que, el diseño de las guías no permite identificar fácilmente el formato de ancho correcto sin el control visual y esto es más claro con los nuevos operarios que no están familiarizados con el proceso.

Por ello, se propuso el reemplazo de este tipo de controles por el diseño e instalación de placas de acero inoxidable con identificación de color, las cuales serán colocadas en puntos estratégicos donde se realizan las configuraciones de las guías.



Figura 26 Control visual anterior



Figura 27 Control visual propuesto

3.6.2 Diseño de métricas para medir los conocimientos adquiridos por el operario

La mayoría de los problemas en la línea de enlatado relacionados con errores menores pueden evitarse siguiendo los pasos correctos, sin embargo, esto no se evidencia en el formato GePack (que es el documento donde se registra toda la información de los tiempos de inactividad) donde la mayoría de los puntos de datos indican que no todo el mundo conoce el proceso correcto a seguir.

Para eliminar este tipo de errores se planteó una estrategia de 4 pasos y se definió una métrica para la evaluación de los operadores.



Figura 28 Metodología para definición de métrica. Elaboración propia

3.6.3 Desarrollo de un formato dinámico para compartir información en tiempo real

Como se presentó en el análisis del 5 Porqués, uno de los problemas de la línea de latas es la falta de comunicación entre turnos. Esto provocaba que las soluciones implementadas en el turno anterior sean modificadas por el siguiente turno ya que no se comunicó su ejecución, por ende, la línea vuelve a parar.

Para contrarrestar esto, se diseñó un formato dinámico mostrada en la figura 29 con ayuda de las herramientas Power Apps y Power Automate, esto permite el ingreso de información en tiempo real y también evita que los operadores dejen las máquinas para acercarse a registrar sus paradas.

Después de que las paradas han sido registradas, a los operadores del siguiente turno se les comunican todas las paradas que se dieron durante la jornada junto con las soluciones implementadas para solucionarlas. Actualmente, las paradas son notificadas por un mensaje en Whatsapp y el líder de la línea se encarga de registrarlas cada hora; sin embargo, con este nuevo formato, cada uno de los operadores se encarga de registrar sus paradas y la creación de esta automatización también permite la actualización en tiempo de real de reportes creados en Power

BI.

The image shows a digital form titled "Formato para Gepack" with a green header. It features two tabs: "Paradas" (selected) and "Novedades". The form includes the following fields:

- Fecha:** 8/1/2023
- Tiempo:** 00:00
- Tipo de parada:** INTERNA
- Área:** Mecánica
- Equipamiento:** Find items
- Equipo:** Pressant
- Plus:** (empty)
- PB:** (empty)
- PL:** (empty)
- Producto:** HEINEKEN_CAN_4x6_0,269ML
- Turno:** 1
- Supervisor:** MS
- Comentario (Poner F.F, M.F, y C.R.):** (empty text area)

A green button labeled "Ingresar parada" is located at the bottom center of the form.

Figura 29 Formato dinámico para registro de Gepack

3.6.4 Estandarización de los procesos de calibración y limpieza a partir de estándares globales.

Considerando el enfoque de las soluciones anteriores, un punto crítico detectado para poder sentar las bases necesarias para el desarrollo eficiente de estas es fundamental definir de manera clara cada uno de los pasos a llevar a cabo en estos procedimientos, además de poder crear una herramienta documental que permita a los operadores (antiguos y nuevos) acceder a una fuente de información confiable y completa acerca de las tareas críticas que deban realizar.

Para esto, se realizaron sesiones con los operadores de la línea, así como un análisis in situ de los procedimientos de calibración y limpieza que realizaban, dentro de lo cual se analizaron los pasos vigentes en los manuales para la identificación, reducción y/ eliminación de las actividades que no agreguen valor al proceso, así como definir oportunidades de mejora que permitan disminuir el tiempo de estas actividades incrementado su eficiencia operativa al mismo tiempo.

3.7 Resultados y análisis

Mediante la implementación de las soluciones llevadas a cabo se evidenció un impacto positivo en la reducción de los tiempos de parada operacionales, en donde se logró una reducción de 0.51 minutos a la semana, lo que representa un valor de 3.44 horas promedio semanales por paradas operacionales, partiendo de un valor inicial de 3.91 horas.

Con respecto al impacto económico, se obtuvo un incremento de 11000 latas adicionales de producción semanales, lo que implica un incremento de 39,05 hectolitros de producción disponible para la venta. En la parte ambiental, se logró un ahorro en el desperdicio de energía debido a paradas operacionales de \$1,57 por KwH, lo que se traduce en \$9,42 KwH semanales y \$489.84 KwH al año. Por último, se obtuvo un beneficio en el ámbito social con la reducción de 3,47 horas semanales en la carga operativa (registros) de los operadores.

3.8 Análisis mediante herramientas estadísticas.

3.8.1 Análisis de Capacidad y Cartas de control

Se llevó a cabo el análisis comparativo de las situaciones del antes y después del proceso, en donde se obtuvo un incremento del Cpk a 0,86, partiendo de un valor inicial de 0,84; lo que indicaría que el proceso incrementó su capacidad ligeramente con respecto a la situación inicial, esto debido a que se presentaron cambios en el personal, donde el personal más experimentado fue reemplazado por nuevos operadores, lo que se tradujo en una disminución en la adaptabilidad y seguimiento de los procesos. De igual manera, se realizó la validación de los datos con respecto a los límites de especificación y distribución normal, tal como se evidencia en las figuras 30 y 31, correspondientes al antes y después respectivamente, además de la comparación del proceso con respecto a la media en la figura 32.

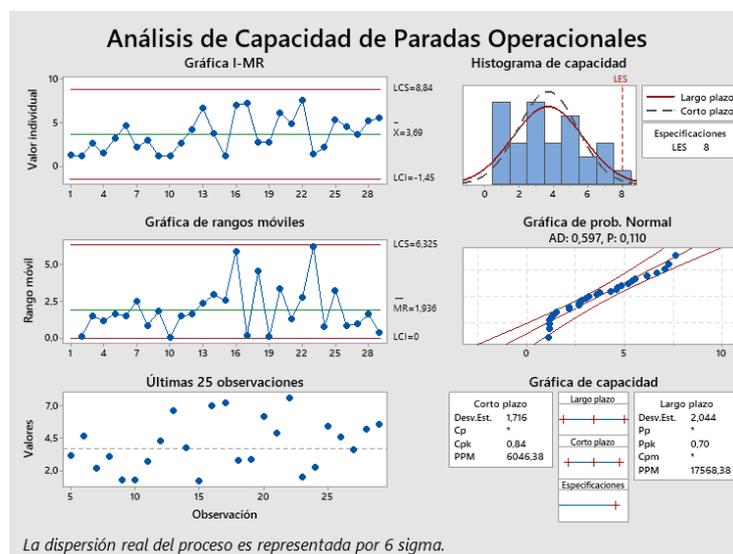


Figura 30 Estado del proceso antes de la aplicación de las soluciones

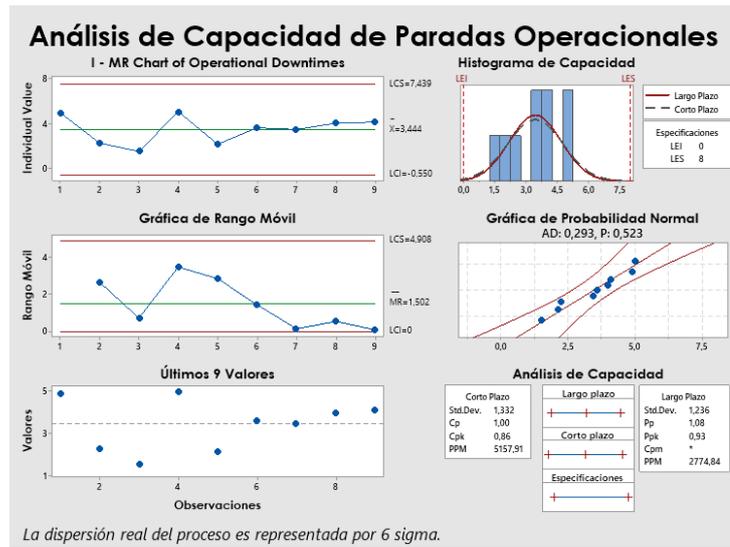


Figura 31 Estado del proceso después de la aplicación de las soluciones

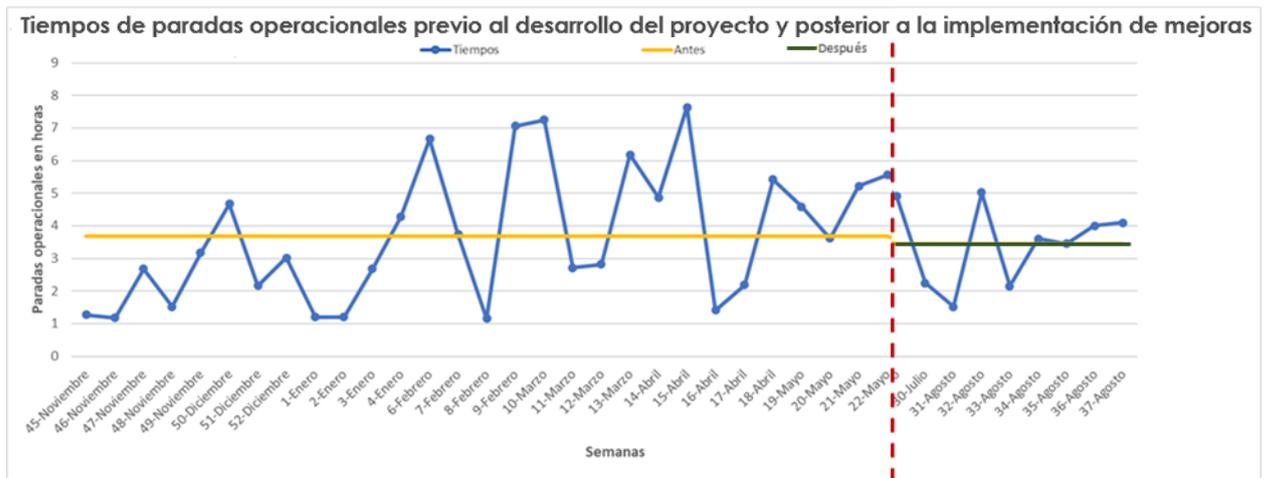


Figura 32 Antes y después de tiempos de paradas operacionales

3.9 Plan de control

Para poder asegurar el cumplimiento de las soluciones implementadas se desarrolló el siguiente plan de control detallado en la figura 33, además de una herramienta de control visual desarrollada en Power BI la cual está asociada al desempeño de los operadores con respecto a las

tareas realizadas y los tiempos de reacción frente a paradas operacionales en la figura 34.

Fecha:		Agosto 2023		Líderes del proyecto		Camila Sánchez, Elián Vélez	
Proceso		Limpieza y calibración de guías					
Proyecto		Reducción de los tiempos de paradas en la línea de latas de una empresa cervecera					
¿Qué?	¿Quién?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Qué tanto?	
Actualización del indicador ACI	Supervisor	Según la evolución de este indicador por operador, se podrán identificar puntos de mejora en el rendimiento de los procesos establecidos y desarrollar planes de acción para prevenir errores de ejecución	La evaluación cíclica del nivel de conocimientos de los operarios a través del formulario diseñado para la construcción de la métrica (ACI) para lo cual el supervisor supervisará la actualización de la base de preguntas y la realización de la evaluación. Esto se controlará mediante los formatos de Microsoft Forms y un archivo de Excel.	Cada 6 meses	Área de envasado	\$	-
Controlar el nivel de cumplimiento de los registros en el formato dinámico de las Power Apps	Supervisor	Garantiza el registro del 100% de las horas perdidas por paradas operacionales, lo que permitirá un análisis posterior para determinar las causas raíz y desarrollar acciones de mejora.	Revisión del número de registros realizados y las horas declaradas en el tablero de Power BI diseñado para el área para validar la congruencia de los reportes entregados y lo sucedido en piso.	Diario	Área de envasado	\$	-
Verificar el estado de las actividades de mantenimiento y limpieza de la línea.	Supervisor	Verificar el cumplimiento y la forma en que se llevan a cabo las actividades permitirá determinar los tiempos de ejecución y los pasos que pueden omitirse o añadirse a los manuales elaborados mediante un ciclo de mejora continua.	Verificación de la ejecución de las actividades de limpieza y ajuste para validar la información definida en las normas vigentes. Esto se realizará mediante checklists que ayudarán a conocer cuáles son las actividades que no se han ejecutado.	Semanal	Área de envasado	\$	-

Figura 33 Plan de control

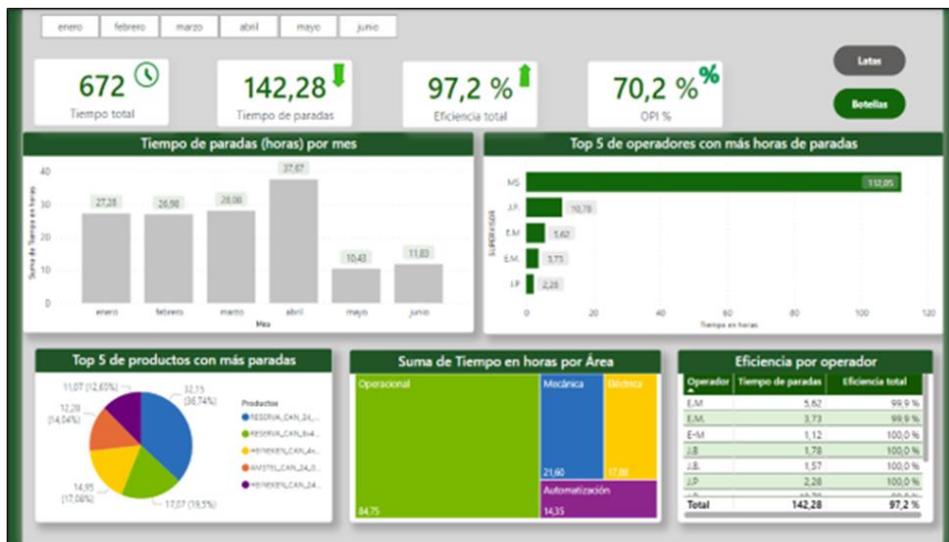


Figura 34 Control visual desarrollado para el área de envasado

CAPÍTULO 4

4.3 Conclusiones y recomendaciones

4.3.1 4.1.1 Conclusiones

- Se logró reducir el tiempo de paradas operacionales a 3.44 horas por semana, aunque el objetivo inicial era de 3.22 horas. Esto debido a que se realizó el reemplazo de los operadores expertos por personal nuevo, el cual necesitaba adaptarse a los nuevos equipos mientras se realizaba la implementación de las soluciones.
- Se estima un ahorro de \$1,57 por Kwh para el consumo energético de la línea
- El desarrollo de automatizaciones permitió la eliminación de tiempos de espera y redujo la carga operativa de los trabajadores del área.
- Se crearon tableros de visualizaciones para identificar rápidamente fallas en la operación y evitar que la línea detenga sus actividades, además de que sirve para el control de la eficiencia de los operadores.

4.3.2 Recomendaciones

- Extender la automatización de tareas a las otras actividades realizadas por los operadores para reducir aún más los tiempos innecesarios.
- Actualizar los formatos de operación básica si se realizan cambios en las máquinas.
- Evaluar mensual a los operadores de la línea para asegurar que todavía recuerdan todas las indicaciones brindadas durante su capacitación.
- Realizar un seguimiento diario de los accidentes ocurridos en la línea para identificar rápidamente la causa raíz y evitar que la operación se pare.

Referencias

Aguwa, C., Olya, M. H., & Monplaisir, L. (2017). Modeling of fuzzy-based voice of customer for business decision analytics. *Knowledge-Based Systems*, 136-145.

Card, A. (2017). The problem with '5 whys'. *BMJ Quality & Safety*, 671-677.

Gupta, N. (2013). An Application of DMAIC Methodology for Increasing the Yarn. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 1-16.

Maier, D., Irmer, S.-J., Fortmüller, A., & Maier, A. (2016). Development and Operationalization of a Model of Innovation Management System as Part of an Integrated Quality-Environment-Safety System. *Amfiteatru Economic*, 302-314.

Wong, K. C. (2011). *Using an Ishikawa diagram as a tool to assist memory and retrieval of relevant medical cases from the medical literature*. Obtenido de Journal of Medical Case Reports: <https://rdcu.be/dl4QD>