

**Implementación de la metodología Kaizen en la disminución de pérdidas de semielaborado
en el proceso de avance y corte de la llenadora NitroHotFill**

Eduard Fernando Armero Castillo

Asesor

Guillermo Alberto Fonseca Villamarin

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología E Ingeniería ECBTI

Ingeniar industrial

2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, quienes con su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios incalculables han sido mi mayor motivación para superar cada desafío en este camino académico. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad, y por

brindarme siempre un hogar lleno de confianza y esperanza.

También quiero dedicar esta tesis a mis amigos y compañeros de estudio, quienes, con su compañerismo, ánimo y consejos hicieron más llevadero este proceso, compartiendo tanto momentos de dificultad como de alegría.

De igual manera, agradezco profundamente a mis profesores y mentores, quienes con su paciencia, conocimiento y dedicación han guiado mi formación profesional, impulsándome a ser un mejor ingeniero industrial, consciente de la importancia de la innovación y la mejora continua en los procesos productivos.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que, de una u otra forma, han creído en mí y me han acompañado en esta etapa, pues sin su apoyo este sueño no habría sido posible.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de esta tesis. En primer lugar, a mis padres, por su amor, apoyo incondicional y confianza, que han sido fundamentales para que pueda alcanzar mis metas académicas y personales.

A mis profesores y tutores, por compartir sus conocimientos, su tiempo y su paciencia durante todo el proceso, guiándome y motivándome a dar lo mejor de mí.

A mis compañeros y amigos, por su compañía, apoyo y colaboración en los momentos más difíciles, quienes con sus palabras de aliento y ayuda hicieron de esta experiencia un camino más llevadero.

También agradezco al personal técnico y administrativo de la planta donde se desarrolló el proyecto, por su disposición y colaboración en la recolección de datos y ejecución de las mejoras propuestas.

Finalmente, a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la culminación de este trabajo, mi más profundo agradecimiento.

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo principal reducir las pérdidas de producto semielaborado durante las fases de avance y corte en la llenadora NitroHotFill, con el fin de optimizar la eficiencia del proceso y disminuir los costos asociados al desperdicio. Actualmente, la línea de producción presenta pérdidas significativas debido a desajustes en la sincronización de tiempos de corte y válvulas, variaciones en presión y temperatura, y prácticas operativas no estandarizadas. Estas pérdidas impactan negativamente en la rentabilidad, la eficiencia global del equipo (OEE) y la sostenibilidad ambiental del proceso.

Para abordar esta problemática, se plantea una metodología basada en el enfoque de mejora continua Kaizen, apoyada en herramientas como el análisis de causa raíz, diagrama de Ishikawa, técnica de los 5 porqués y análisis Pareto. Se desarrollará un diagnóstico inicial mediante la recolección y análisis de datos, seguido del diseño e implementación de un plan de mejora que incluye ajustes técnicos, estandarización de procedimientos y capacitación del personal.

Se espera lograr una reducción significativa, entre un 45% y 60%, en las pérdidas de semielaborado, lo que contribuirá a optimizar el uso de materias primas, reducir costos, mejorar la eficiencia productiva y fortalecer la sostenibilidad de la planta. Finalmente, los resultados serán evaluados a través de indicadores clave de desempeño para validar la efectividad y sostenibilidad de las mejoras implementadas.

Palabras clave: NitroHotFill, Kaizen, Avance y corte.

Abstract

The main objective of this project is to reduce losses of semi-finished product during the feed and cutting phases of the NitroHotFill filler, in order to optimize process efficiency and reduce costs associated with waste. Currently, the production line experiences significant losses due to mismatches in the synchronization of cutting times and valves, variations in pressure and temperature, and non-standardized operating practices. These losses negatively impact profitability, overall equipment efficiency (OEE), and the environmental sustainability of the process.

To address this problem, a methodology based on the Kaizen continuous improvement approach is proposed, supported by tools such as root cause analysis, Ishikawa diagram, the 5 Whys technique, and Pareto analysis. An initial diagnosis will be developed through data collection and analysis, followed by the design and implementation of an improvement plan that includes technical adjustments, procedure standardization, and staff training.

A significant reduction in semi-finished product losses of between 45% and 60% is expected, which will contribute to optimizing the use of raw materials, reducing costs, improving production efficiency, and strengthening the plant's sustainability. Finally, the results will be evaluated using key performance indicators to validate the effectiveness and sustainability of the implemented improvements

Keywords: NitroHotFill, Kaizen, Feed, and Cutting.

Tabla de Contenido

Introducción	11
Planteamiento del Problema	12
Justificación	14
Objetivos	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos	16
Marco de Referencia	17
Antecedentes.....	17
Estado de Arte	18
Marco Teórico	21
Marco Contextual	24
Ubicación Geográfica	25
Límites del Municipio.....	25
Demografía y Población	25
Economía	26
Marco Conceptual.....	26
Marco Legal.....	27
Diseño Metodológico.....	28
<i>Caracterización del Área de Estudio</i>	29
<i>Objeto de Estudio</i>	29
<i>Análisis Situacional</i>	29
Tipo de Estudio.....	30
Enfoque.....	30

<i>Tipo de Investigación</i>	30
Método de Investigación	31
Método de Observación	31
Método Inductivo.....	32
Variables	33
Procesamiento y Recolección de Datos	34
Hipótesis	34
Diseño de estudio.....	35
Análisis e Interpretación de los Datos	35
Recursos Necesarios	36
Presupuesto Requerido	37
Resultados	38
Diagnosticar las principales causas de pérdida de semielaborado en las etapas de avance y corte de la máquina NitroHotFill de la línea 8 de la planta de bebidas Yumbo.....	38
Nivel 1 – Pérdida Total.....	40
Nivel 2 – Pérdida por SKU:.....	41
Nivel 3 – Pérdida por Causa Operacional.....	41
Interpretación de resultados del diagnóstico de pérdidas	43
Metodología del Diagnóstico en las Etapas de Avance y Corte	45
Resultados e Interpretación del Diagnóstico	46
Análisis General de Pérdidas	46
Resultados e Interpretación del Diagnóstico	47
Análisis de Pérdidas por SKU	48

Impacto operativo y económico.....	50
Implementar Acciones Técnicas y Operativas Orientadas a la Rreducción del Desperdicio, Basadas en los Resultados del Diagnóstico.	50
Resultados Comparativos (Antes vs. Después)	51
Estandarizar las Prácticas Operativas Mediante la Capacitación del Personal, Garantizando la Sostenibilidad de las Mejoras Aplicadas.	55
Evidencia de Capacitación y Estandarización	57
Propuesta Técnica de Automatización: Instalación de Flujómetros.....	58
Presupuesto Estimado del Proyecto.....	59
Evaluar la Efectividad de las Mejoras Implementadas Mediante el Análisis Comparativo de Indicadores de Pérdida y Eficiencia Antes y Después de la Intervención.....	61
Fase de Revisión y Ajuste Manual	61
Proyección de Mejora con la Automatización del Sistema	62
Conclusiones.....	63
Recomendaciones	66
Referencias Bibliografía	68

Lista de Tablas

<i>Tabla 1 Cuadro marco legal.</i>	27
<i>Tabla 2 Variables de investigación.</i>	33
<i>Tabla 3 Desglose total de semielaborado</i>	48
<i>Tabla 4 Comportamiento por SKU</i>	49
<i>Tabla 5 Tiempos de Corte antes y después</i>	52
<i>Tabla 6 Tiempos de Avance antes y después.</i>	53
<i>Tabla 7 Comparativos de datos antes y después.</i>	54
<i>Tabla 8 Presupuesto estimado del proyecto</i>	59

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Produccion General de Semielaborado</i>	39
Figura 2 <i>Perdida Porcentual de Semielaborado.</i>	40
Figura 3 <i>Perdida de Semielaborado.</i>	40
Figura 4 <i>Perdida de Semielaborado por SKU</i>	41
Figura 5 <i>Perdida de Semielaborado por Categorías</i>	42
Figura 6 <i>Perdida de Semielaborado por Avance y Corte</i>	43
Figura 7 <i>Informe de Capacitación y/o Recreación</i>	57
Figura 8 <i>Diagrama de Flujómetros</i>	58

Introducción

En la industria de bebidas, la eficiencia en los procesos de envasado es un factor determinante para garantizar la calidad del producto, la optimización de recursos y la competitividad en el mercado. Uno de los equipos clave en este proceso es la llenadora NitroHotFill, diseñada para el llenado en caliente con la aplicación de nitrógeno, lo que contribuye a la estabilidad y vida útil del producto final. Sin embargo, en la operación de esta máquina se presentan pérdidas significativas de producto semielaborado, especialmente durante las fases de avance y corte, lo que impacta negativamente en la eficiencia operativa, los costos de producción y la sostenibilidad ambiental.

Estas pérdidas se atribuyen a desajustes en la sincronización de los tiempos de corte y válvulas, variaciones en parámetros críticos como presión y temperatura, así como a prácticas operativas no estandarizadas. La presencia de estos factores genera un aumento en los desperdicios de materia prima, disminuye la eficiencia global del equipo (OEE) y ocasiona un mayor consumo de recursos, afectando la rentabilidad y el desempeño ambiental de la planta.

Ante esta situación, el presente Trabajo de Grado propone un estudio aplicado y descriptivo con enfoque cuantitativo, orientado a identificar las causas principales de las pérdidas de semielaborado y a implementar un plan de mejora basado en la metodología Kaizen. A través del análisis de causa raíz, el diseño de ajustes técnicos y operativos, y la capacitación del personal, se busca reducir significativamente el desperdicio, optimizar el uso de materias primas y mejorar la eficiencia productiva.

Planteamiento del Problema

En la línea de envasado de bebidas de la planta de producción, que opera con tecnología de llenado en caliente a través de la máquina NitroHotFill, se ha detectado un nivel considerable de pérdida de producto semielaborado durante las etapas de avance y corte del proceso. Estas pérdidas representan un problema técnico-operativo de gran relevancia, ya que afectan tanto la eficiencia del sistema productivo como la rentabilidad del negocio.

Las principales causas identificadas de este desperdicio están relacionadas con desajustes en la sincronización entre los tiempos de corte y apertura de válvulas, así como con fluctuaciones en parámetros críticos como la presión y la temperatura del producto. A esto se suman prácticas operativas no estandarizadas por parte del personal, lo que genera una alta variabilidad en los resultados del proceso.

Esta situación tiene consecuencias directas en tres áreas fundamentales:

1. **Económica:** El producto semielaborado desperdiciado representa una pérdida directa de materias primas, tiempo y recursos energéticos, lo que incrementa significativamente los costos de producción. Al no convertirse en producto terminado, estos desperdicios reducen los márgenes de ganancia y comprometen la rentabilidad de la línea de envasado.
2. **Operativa:** La ineficiencia generada por las pérdidas impacta negativamente el OEE (Eficiencia Global del Equipo), ya que se incrementan los tiempos de parada para purgas, ajustes técnicos y reprocesos. Esto no solo retrasa el cumplimiento de los planes de producción, sino que también disminuye la disponibilidad y el rendimiento del equipo.
3. **Calidad y sostenibilidad:** Desde una perspectiva ambiental y de calidad, las pérdidas de semielaborado generan reprocesos innecesarios, aumentan la generación de residuos

líquidos y provocan un consumo excesivo de recursos. Esto contraviene los principios de producción más limpia, eficiencia energética y responsabilidad ambiental corporativa.

De no ser atendido, este problema seguirá afectando de manera negativa los principales indicadores de gestión de la línea NitroHotFill, comprometiendo tanto su desempeño operativo como la competitividad de la planta frente a las exigencias del mercado actual.

Por lo tanto, se hace necesario diseñar e implementar un plan de acción que aborde esta problemática de forma integral. Dicho plan debe incluir la identificación precisa de las causas de las pérdidas, la estandarización de parámetros de operación, la mejora del mantenimiento preventivo, y la capacitación del personal operativo en prácticas de trabajo más eficientes y controladas. Esto permitirá avanzar hacia un proceso más confiable, rentable y sostenible.

Justificación

La reducción de pérdidas de semielaborado en la llenadora NitroHotFill, especialmente en las etapas de avance y corte, es de gran importancia para la planta, ya que impacta directamente en la eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad del proceso productivo.

Actualmente, el desperdicio generado en estas fases representa un costo adicional significativo para la compañía, al incrementar el consumo de materias primas sin traducirse en producto terminado. Esto afecta la rentabilidad de la línea de envasado, reduce los márgenes de ganancia y limita la capacidad de la empresa para mantener precios competitivos en el mercado.

Desde una perspectiva operativa, las pérdidas de producto afectan el OEE (Eficiencia Global del Equipo), al aumentar los tiempos destinados a purgas, limpieza y ajustes no programados, lo que disminuye la productividad de la línea y dificulta el cumplimiento de los planes de producción.

Adicionalmente, desde el enfoque de calidad y sostenibilidad, la pérdida de semielaborado genera un impacto ambiental debido al mayor consumo de recursos y la producción incrementada de residuos líquidos, contraviniendo los principios de producción más limpia y eficiencia energética.

Por lo tanto, la implementación de un plan de mejora orientado a disminuir estas pérdidas se justifica plenamente, ya que permitirá:

- Optimizar el uso de materias primas.
- Reducir costos asociados al desperdicio.
- Mejorar la eficiencia productiva y la confiabilidad de la llenadora.
- Contribuir al cumplimiento de estándares de calidad y sostenibilidad.

En conclusión, la disminución de pérdidas de semielaborado en la NitroHotFill no solo tendrá un impacto económico positivo, sino que también fortalecerá la competitividad de la planta y su compromiso con la excelencia operacional y la sostenibilidad ambiental.

Objetivos

Objetivo General

Optimizar la eficiencia productiva en la máquina NitroHotFill de la línea 8 de la planta de bebidas Yumbo, mediante la identificación y corrección de las causas de desperdicio, la estandarización de procesos y la capacitación del personal, con el propósito de reducir las pérdidas de semielaborado y disminuir los costos de operación.

Objetivos Específicos

Diagnosticar las principales causas de pérdida de semielaborado en las etapas de avance y corte de la máquina NitroHotFill de la línea 8 de la planta de bebidas Yumbo.

Implementar acciones técnicas y operativas orientadas a la reducción del desperdicio, basadas en los resultados del diagnóstico.

Estandarizar las prácticas operativas mediante la capacitación del personal, garantizando la sostenibilidad de las mejoras aplicadas.

Evaluar la efectividad de las mejoras implementadas mediante el análisis comparativo de indicadores de pérdida y eficiencia antes y después de la intervención.

Marco de Referencia

Antecedentes

En la industria de bebidas, los procesos de llenado y envasado representan etapas críticas para garantizar la calidad del producto final y la eficiencia operativa. La utilización de tecnologías como el llenado en caliente (HotFill) combinado con nitrógeno (Nitro), como es el caso de la llenadora **NitroHotFill**, ha permitido mejorar la vida útil del producto y reducir el uso de conservantes. Sin embargo, estos procesos también presentan desafíos técnicos, particularmente en lo relacionado con el control preciso de variables como presión, temperatura y sincronización de válvulas durante las etapas de avance y corte.

Diversos estudios han documentado los efectos negativos que generan las pérdidas de producto semielaborado en líneas de producción. Según principios del **Lean Manufacturing**, estas pérdidas se consideran un tipo de desperdicio (muda) que no aporta valor al cliente, y que debe ser eliminado para mejorar la eficiencia general del sistema. Investigaciones en plantas de alimentos y bebidas han demostrado que la falta de estandarización operativa, el mal funcionamiento de componentes mecánicos y la variabilidad en las condiciones de operación son factores comunes que contribuyen al aumento del desperdicio de producto.

Asimismo, estudios aplicados en líneas de llenado han utilizado herramientas como el análisis de causa raíz, el diagrama de Ishikawa, y la metodología de los 5 porqués para identificar y corregir fallos que afectan la eficiencia del equipo. La implementación de estrategias de **mantenimiento preventivo** y la formación continua del personal han sido fundamentales para lograr mejoras sostenibles en procesos similares.

En el contexto local, se han desarrollado proyectos de mejora continua en empresas del sector de bebidas con resultados favorables en términos de reducción de desperdicio, incremento

del OEE y disminución de costos operativos. No obstante, en el caso específico de la línea **NitroHotFill**, aún no se cuenta con una intervención sistemática que permita abordar de manera integral las pérdidas de producto durante el llenado, avance y corte.

Este proyecto busca contribuir al cuerpo de conocimientos existentes aplicando un enfoque metodológico estructurado para identificar las causas de estas pérdidas y proponer soluciones técnicas y operativas. De esta manera, se espera aportar no solo a la mejora del proceso en esta planta en particular, sino también generar una base replicable para otras líneas de envasado que enfrenten problemáticas similares.

Estado de Arte

La búsqueda, análisis y clasificación de información constituye el estado del arte, donde se cita un compendio de investigaciones que han sido desarrolladas a nivel internacional, nacional, regional y local. Se ha hecho un recorrido mediante revisión documental en diferentes repositorios institucionales y buscadores académicos, teniendo en cuenta los criterios asociados al tema de la presente investigación.

Wilkinson (1983) indica que un sistema productivo se trata de un sistema creado en el tiempo por interacciones complejas de naturaleza técnica, económica, social y política. El concepto de Sistema Productivo permite considerar todas las relaciones formales e informales entre empresas (Sistema de Producción) e incluye las mantenidas con otras empresas públicas y privadas. (COGOLLO, J. & CORREA, A., 2017)

Mediante la revisión de los siguientes trabajos se pretende establecer precedentes metodológicos de mejoramiento en diversos sectores empresariales.

En el año 2016 la estudiante Arantxa Sánchez Pasive en su trabajo de grado titulado “Propuesta de acciones para mejorar el rendimiento de azúcar en la planta de producción de

jugos línea 6 de la empresa gaseosas LUX de Postobón s.a.” En el cual plantean acciones de mejora en la línea seis de la planta y analiza el porqué de la pérdida de azúcar específicamente por una rotura en la máquina llenadora y por falta de mediciones más actuales.

En año 2013, Roy Molina Montoya en su informe de práctica dirigida a su graduación nos presenta el análisis de la pérdida de semielaborado en la fabricación de bebidas (Jugos) con mayor índice en la embotelladora, presentado a la universidad de Costa Rica , realizó un análisis con datos históricos desde el 2012 determinando que de 37% de la merma estaba en tres productos y el 86 % de esa merma era ocasionada por el corte de producción (drenaje y lavado), se identificaron puntos críticos de proceso y control de calidad, los cuales recomienda verificar y realizar un diagrama de causa/ efecto , la revisión de tecnologías de muestro, realizar el estudio de la capacidad de llenado , y la estandarización del proceso de arranque. (Molina Montoya, 2013)

En el año 2013 Mario Roberto García Valinete en su trabajo de graduación Optimización de procesos de la línea no 1 de producción de bebidas carbonatadas en envase retornable mediante la eficiencia global de equipos (OEE) en la fábrica de bebidas gaseosas salvavidas s.a. Presentado a la facultad de ingeniería de la universidad de San Carlos de Guatemala, en el cual se plantea la optimización del proceso de producción de la línea 1 de envase retornable de vidrio donde aplica el mejoramiento continuo para la disminución de tiempos muertos, y la identificación del OEE , realizando un diseño de control en Excel que permita tener una herramienta de toma de decisiones. (García Valiente, 2013)

Así como se consultaron obras dedicadas al estudio del aprovechamiento del azúcar, también se encontraron obras direccionadas al uso y estudio de las diferentes metodologías de

mejora continua como lo presenta el autor Manuel F. Suárez-Barraza en su obra publicada en mayo del 2009 llamada “Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la Mejora Continua”. El propósito del trabajo fue analizar el Kaizen en la literatura académica y práctica con el fin de mejorar, explorar y hacer una contribución a su potencial perfil teórico. Se realizó una revisión de la literatura usando Kaizen como término de búsqueda en varias bases de datos: Proquest, Business Source Elite, Business Source Premier, Emerald, Science Direct and Google Scholar. También se consultaron libros escritos tanto por académicos como por los que lo practican. La literatura concerniente al Kaizen fue metodológicamente analizada y clasificada. Los hallazgos del estudio indican que el Kaizen es presentado bajo tres perspectivas o esferas, que incluyen una serie de principios y técnicas. Comparando los tres puntos de vista, emergieron un conjunto de principios y/o piedras angulares. (Suárez-Barraza M. F.-D., 2008)

También se encontró una obra en la cual se implementó el Kaizen al recurso humano de la empresa en la obra “El Kaizen como un sistema actual de gestión personal para el éxito organizacional en la empresa ensambladora Toyota”, por Edgar Chirinos, Eduarda Rivero, et al en el año 2010, La investigación propone estrategias Kaizen para la mejora de estándares tecnológicos, gerenciales y operacionales en la empresa Toyota ubicada en Cumaná, estado Sucre. Es una investigación no experimental, de campo de carácter descriptivo. El análisis se enmarca en la estadística descriptiva, así como las proyecciones de la población en estudio, los encuestados revelaron tendencias y comportamiento de las opiniones emitidas en relación a las metodologías para diagnosticar las necesidades de aplicaciones de los ciclos PDCA/SDCA, como vehículo político para el mantenimiento y mejoramiento de los estándares empleados. Se concluye que es imprescindible efectuar una revisión de los indicadores que se encuentran en el nivel Requieren Atención, hasta que se logre indicadores definitivamente en otra escala positiva.

Marco Teórico

Teniendo en cuenta que se trata de la empresa Postobon que se dedica a la fabricación de bebidas no alcohólicas que quiere mejorar y automatizar los procesos, se crea la necesidad de elaborar una propuesta de mejorar el avance y corte del producto semielbaordo, para entender más de este tema se toman como referencia diferentes autores que son de gran apoyo para el desarrollo de nuestro proyecto.

Método Kaizen

El Kaizen se orienta tanto a las personas como a la estandarización y optimización de los procesos de cualquier actividad económica, por lo tanto, para ponerlo en práctica se requiere la conformación de un equipo de trabajo integral en el que participe personal de diferentes áreas como producción, mantenimiento, calidad, ingeniería y compras entre otras. Su principal objetivo es aumentar la productividad por medio del control de los procesos de manufactura, la reducción de tiempo, la estandarización de parámetros de calidad y de los métodos de trabajo y la eliminación de desperdicios. (ANDRES & RESTREPO CORREA, 2010)

Este enfoque a línea las necesidades de la empresa con las prioridades estratégicas pues evidentemente los modelos convencionales no integran la estrategia con la operatividad lo que obstaculiza el desarrollo óptimo y productivo de sus productos o servicios.

Además, favorece el control de las mudas o pérdidas en los procesos, por las cuales gran porcentaje de presupuesto y rentabilidad se pierde y no es retornable en el tiempo.

Los despilfarros en un proceso de producción convergen y permean todo el contexto de este. Por lo tanto, se deben tener identificadas las necesidades de producción en cada uno de los eslabones de la cadena productiva anulando los vacíos en las esperas de tiempo y espacio, por

ello es importante la existencia de controles para la materia prima evidenciada en la empresa objeto de estudio. (Ohno, 1991)

Por todo lo anterior es determinante identificar y analizar los pasos desde la planificación tanto en el proceso como en la cadena de suministro de este, de allí el éxito en la generación de los flujos de diseño de los procesos y la gestión de operaciones de la compañía. (Ohno, 1991)

Así pues, (Suárez-Barraza M. F., 2007) lo define como: Una filosofía de gestión que genera cambios o pequeñas mejoras incrementales en el método de trabajo (o procesos de trabajo) que permite reducir despilfarros y por consecuencia mejorar el rendimiento del trabajo, llevando a la organización a una espiral de innovación incremental.

Metodología 5w+2h (Quién, Qué, Dónde, Cuándo, Cuál, Cómo).

La 5W2H es una metodología de análisis empresarial que apoya la identificación de los factores y condiciones que provocan problemas en los procesos de trabajo, consiste en contestar las siguientes seis preguntas básicas.

- Qué es el problema (What), aquí se deben definir las características del problema y su origen como materiales, humanos, logísticos, financieros, relaciones e impactos y efectos generados por el problema.
- Cuando ocurre el problema (When), se debe identificar el momento, horario o época en la que ocurre el problema, así como el punto en el diagrama de flujo de actividades en el que este sucede.
- Donde (Where) Se debe definir en donde ocurre el problema, ya sea su ubicación física en la organización o el proceso del que se trate.

- Quién (Who), se debe definir quien participa en el problema, como por ejemplo trabajadores, proveedores, clientes entre otros que forman parte de la situación a resolver.

Cómo (How) Cómo es el método o procedimiento.

- Cual (Which) Se debe responder e identificar si hay una tendencia del problema y/o un patrón de comportamiento. Esta regla creada por Lasswell en 1979 puede considerarse como una lista de verificación mediante la cual es posible generar estrategias para implementar una mejora. (Mónica Trías, 2009)

Análisis Causa Raíz

El diagrama de Ishikawa o también llamado causa - raíz consiste en una representación gráfica la cual nos permite identificar de manera rápida, clara y ordenada una relación entre la variedad de factores que están relacionados con un determinado efecto o problema. Esta es una herramienta que representa la relación entre un problema y todas las posibles causas que lo generan. Es denominado Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Espina de Pescado por ser parecido con el esqueleto de un pescado. (Ruiz-López, 2005)

Metodología PHVA

Edward Deming desarrolló el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). Se trata de un ciclo dinámico que se puede emplear en procesos y proyectos de las organizaciones. Esta herramienta se aplica fácilmente y si su uso es el correcto, puede colaborar en gran medida en la ejecución de las tareas y objetivos de un modo más organizado y eficiente. La adopción de la filosofía establecida por el ciclo PHVA aporta un manual básico para la gestión de procesos y proyectos, además de para la estructura básica de un sistema. (group, 2022)

El ciclo PHVA o ciclo Deming ayuda a dar respuesta a determinados problemas relacionados con los procesos y la gestión de proyectos. De esta forma es posible implementar de

forma eficaz la mejora continua. (group, 2022) Cuenta con una serie de beneficios claros y bien definidos entre los que se pueden citar los siguientes: Iniciar la implementación de la mejora continua, poner en marcha distintas soluciones de forma rápida, mejorar y hacer más sencillo trabajos de tipo repetitivo, hacer cambios y ver sus resultados de manera inmediata, maximizar los resultados y minimizar la cantidad de errores. (group, 2022)

Dentro de la ISO 9001:2015 el ciclo PHVA se incorpora como un punto más dentro del enfoque basado en procesos. En este caso, la norma va mucho más allá y nos relaciona cada etapa del ciclo con un capítulo de la norma. (group, 2022)

Marco Contextual

La embotelladora objeto de estudio se clasifica según el código CIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) con el número 1104, el cual corresponde a la elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales y otras aguas embotelladas¹. Esta categoría incluye la elaboración de bebidas no alcohólicas aromatizadas y/o edulcoradas: gaseosas, bebidas a base de jugos de frutas, aguas tónicas, entre otros productos como aguas planas, helados, bebidas isotónicas, que por su envergadura requieren de procesos transversales que condensan una buena planificación y ejecución en sus procesos.

La alta competitividad que se presenta en la industria de las bebidas no alcohólicas exige que los niveles de la productividad en todos sus procesos estén orientados a la mejora (Gupta, 2012). Si bien es cierto que los procesos productivos deben generarse con la mayor regulación y control en los desperdicios en sus materias primas, la gestión del conocimiento en el personal incrementa el nivel de productividad en la compañía, además de la importancia que tiene el desarrollo del colaborador a nivel profesional, incrementa la satisfacción a nivel laboral, como lo promulga la OIT y potencia el desempeño laboral.

Teniendo en cuenta lo anterior, se resalta la importancia que el personal de todos los procesos productivos reconozca la productividad, en todos los niveles de la compañía, como factor determinante para el cumplimiento de las metas y la sostenibilidad económica de la empresa.

Ubicación Geográfica

Yumbo es conocido como la Capital Industrial del Valle, ubicado en el suroccidente de Colombia es uno de los 42 municipios del departamento del Valle del Cauca, se encuentra al norte de la ciudad de Cali, tiene una extensión de 227.89 km² lo que representa el 1.10% del territorio del departamento. El municipio está localizado en las coordenadas 3.35 de Latitud Norte y 79.29 Longitud Oeste, la cabecera municipal a 1.021 metros sobre el nivel del mar, tiene una temperatura promedio de 23°C. y se comunica por carretera a 10 minutos con el Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón y a dos horas con el Puerto de Buenaventura en la cuenca del océano Pacífico. (yumbo, 2023)

Límites del Municipio

Este municipio tiene los siguientes límites:

- Al norte con el municipio de Vijes.
- Al sur con la ciudad de Cali.
- Al oriente con el municipio de Palmira
- Al Occidente con el municipio de La Cumbre.

Demografía y Población

El municipio de Yumbo cuenta con una población total de 117.156 habitantes y su porcentaje de población del total departamental es de 2.5% y la densidad poblacional es de 482.12 personas por Km². Demográficamente la población total está conformada por 58.382

hombres y 58.774 mujeres. Del total de la población actual 102.868 residen en la zona urbana y 14.288 residen habitantes en la zona rural. (yumbo, 2023)

Economía

Gracias a la ubicación estratégica, la infraestructura vial y los incentivos tributarios que ofrece el municipio, Yumbo es considerado parte fundamental del desarrollo industrial en toda la Nación, con la construcción del segundo corredor más importante del país Cali – Yumbo, es el tercero en la producción de bienes de consumo del país. Actualmente en el municipio se encuentran asentadas 4.696 empresas manufactureras, comerciales y de servicios, de las cuales 119 son grandes, 257 son medianas, 427 son pequeñas y 3.893 microempresas; lo que posiciona a Yumbo en el primer lugar de ingreso per cápita del departamento y el segundo en importancia económica después de Cali. (yumbo, 2023)

Marco Conceptual

A continuación, se muestra un compendio de los conceptos que se requieren para lograr una adecuada contextualización en el área de los alimentos y en el control de calidad, que también abarca la iniciativa de mejorar el rendimiento en cuanto al avance y corte del semielaborado en la preparación de las bebidas.

Semielaborado: En la industria de bebidas, se denomina semielaborado al producto que ya ha pasado por las etapas iniciales de formulación y tratamiento térmico, pero que aún no ha sido envasado como producto terminado. Su pérdida en el proceso representa un costo directo en materias primas, energía y tiempo de producción.

Llenadora NitroHotFill: Es una máquina utilizada en el envasado de bebidas calientes, que combina la tecnología de llenado en caliente (HotFill) con la aplicación de nitrógeno (Nitro) para mejorar la estabilidad del envase y alargar la vida útil del producto.

Avance y corte: Etapas dentro del proceso de llenado donde el sistema controla el flujo del semielaborado mediante válvulas y boquillas.

Avance: desplazamiento del producto hacia el envase.

Corte: cierre de la válvula que detiene el flujo, evitando goteo o sobrellenado.

Una desincronización en estas etapas genera pérdidas de producto.

Pérdida de producto: Se entiende como el desperdicio de semielaborado que no llega al envase final, ya sea por goteo, sobrellenado, purgas o fallas mecánicas.

Eficiencia Global del Equipo (OEE): Indicador que mide la eficiencia productiva combinando disponibilidad, rendimiento y calidad. La pérdida de semielaborado impacta negativamente el OEE.

Mantenimiento preventivo: Estrategia orientada a la revisión y cuidado planificado de equipos, evitando fallas que generen desperdicio o tiempos muertos.

Marco Legal

Tabla 1

Cuadro Marco Legal

Ley o Normatividad	Tema	Fuente
Norma Técnica Colombiana NTC 2740.	Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las bebidas gaseosas o carbonatadas destinadas a consumo directo y los métodos de ensayo para su evaluación	https://www.academia.edu/10342912/NORMA_T%C3%89CNICA_NTC_COLOMBIANA_947_1 .
República de Colombia. Decreto 475 de 1998.	Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable para elaboración de bebidas para consumo humano dentro del territorio nacional.	https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1327 .

La norma internacional ISO 22000	Por medio de la cual se especifican los requisitos para los sistemas de gestión de la seguridad alimentaria. Mediante la certificación, los fabricantes, distribuidores y empresas de restauración demuestran el cumplimiento de las normas más estrictas de higiene y seguridad.	https://www.dqsglobal.com/es-co/certificacion/certificacion-iso-22000#:~:text=La%20norma%20internacional%20ISO%2022000,estricas%20de%20higiene%20y%20seguridad.
ISO 14001:2015 mejora continua.	está intrínsecamente ligada en su búsqueda de la sostenibilidad ambiental. Al utilizar esta norma como una herramienta para identificar oportunidades de mejora y fomentar una cultura de mejora continua, las organizaciones pueden avanzar hacia un futuro más sostenible y exitoso	https://www.eurofins-environment.es/es/la-norma-iso-14001-sirve/#:~:text=La%20certificaci%C3%B3n%20ISO%2014001%20%E2%80%93%20Sistemas,asociados%20a%20la%20actividad%20desarrollada.
Norma ISO 9001:2015.	Estipula que las empresas tienen que mejorar de forma continua la idoneidad, adecuación y eficacia del Sistema de Gestión de la Calidad. La empresa tiene que considerar todos los resultados del análisis y la evaluación, además de la revisión por parte de la dirección. Se tiene que determinar si existen necesidades y oportunidades que tienen que considerarse como parte de la mejora continua.	https://www.nueva-iso-9001-2015.com/10-3-mejora-continua/.

Diseño Metodológico

El desarrollo de este proyecto permitirá no solo una disminución tangible en las pérdidas, sino también el fortalecimiento de los procesos de control y mantenimiento, asegurando la sostenibilidad y competitividad de la línea de llenado NitroHotFill en el mediano y largo plazo.

Caracterización del Área de Estudio.

Yumbo es la Capital Industrial del Valle, ubicado en el suroccidente del Valle del Cauca, tiene una extensión de 227.89 km² lo que representa el 1.10% del territorio del departamento, la cabecera municipal a 1.021 metros sobre el nivel del mar tiene una temperatura promedio de 23°C. (yumbo, 2023)

El municipio cuenta con una población total de 117.156 habitantes y la densidad poblacional es de 482.12 personas por Km². Demográficamente la población total está conformada por 58.382 hombres y 58.774 mujeres. Del total de la población actual 102.868 residen en la zona urbana y 14.288 residen habitantes en la zona rural. (yumbo, 2023)

Objeto de Estudio

En el presente trabajo el objeto de estudio se encuentra ubicado en la Embotelladora de bebidas no alcohólicas de la empresa Postobón sede Yumbo, más específicamente en el área denominada “Linea 8”. Centrándose en el proceso de avance y corte de semielaborado en el proceso de elaboración de bebidas no alcohólicas

Análisis Situacional

El aprovechamiento de la materia prima (Semielaborado) de la planta embotelladora de bebidas carbonatadas no alcohólicas de la empresa Postobón sede Yumbo, no está cumpliendo con las metas de eficiencia de procesos fijadas por la organización, presentando un indicador del 99.40%. Con respecto al aprovechamiento de materias primas debe presentar un indicador del 99.80% en aprovechamiento de azúcar en “sala de jarabes” para final del año 2025.

Tipo de Estudio

Enfoque

El enfoque de la investigación se determina como mixto, puesto que recolecta variables cuantitativas en base al proceso objeto de estudio tales como sumas monetarias y toneladas de materia primas con base en históricos de la empresa en ambas sucursales (Yumbo - Bogotá), para compararlos con datos que se tomarán después de implementar el método Kaizen. Y variables cualitativas con un enfoque subjetivo, orientado a los procesos para determinar las estrategias de producción más eficientes.

Tipo de Investigación

El presente proyecto corresponde a una investigación aplicada y de tipo cuantitativo-descriptivo, ya que busca dar solución a un problema real identificado en un entorno industrial específico: las pérdidas de semielaborado en la llenadora NitroHotFill dentro de una planta de bebidas.

Se clasifica como aplicada porque pretende generar una intervención práctica que permita optimizar procesos productivos, mejorar indicadores de eficiencia y reducir costos operativos, mediante la implementación de mejoras técnicas y operativas basadas en el análisis de datos reales del proceso.

Además, es descriptiva, ya que en una primera fase se centra en observar, medir y documentar las condiciones actuales del proceso de llenado, con el fin de identificar las principales causas del problema. A través de herramientas estadísticas y de ingeniería de procesos, se describirán patrones de desperdicio, fallas en la sincronización, y factores técnicos que inciden en las pérdidas.

Por su parte, el enfoque es cuantitativo, dado que se trabajará con datos numéricos obtenidos de registros de producción, control de desperdicios, tiempos de paro, eficiencia del equipo (OEE), y otros indicadores clave que permitirán analizar el impacto de las mejoras implementadas. Esto permitirá realizar comparaciones objetivas entre la situación inicial y los resultados obtenidos tras la intervención.

En síntesis, este proyecto utiliza un diseño metodológico basado en la investigación aplicada, cuantitativa y descriptiva, orientado a generar soluciones prácticas y medibles para un problema técnico identificado en un entorno industrial real.

Método de Investigación

Método de Observación

Para el desarrollo de este proyecto, se empleará el método de observación directa no estructurada como técnica principal durante la etapa de diagnóstico del proceso. Este método permitirá obtener información real y objetiva sobre el comportamiento del sistema de llenado NitroHotFill en condiciones normales de operación.

La observación se realizará directamente en el entorno de la planta, enfocándose en las etapas de avance y corte, donde se ha identificado la mayor incidencia de pérdidas de producto semielaborado. A través de visitas de campo, se analizarán aspectos como:

- El funcionamiento de las válvulas y boquillas durante el proceso de corte.
- La sincronización entre el flujo del producto y el movimiento del transportador.
- Las reacciones del equipo ante variaciones de presión y temperatura.
- Las prácticas operativas del personal durante el cambio de lotes, arranque y parada.
- Los tiempos de purga y ajustes no programados.

Este método permitirá detectar de forma empírica las posibles causas del desperdicio, evaluar el comportamiento del equipo en tiempo real, y registrar evidencias visuales o comportamientos no previstos que podrían no estar documentados en los registros operativos.

Asimismo, se complementará la observación con la toma de datos cuantitativos, registros fotográficos, y la aplicación de hojas de control para medir el nivel de pérdida en distintas condiciones de operación.

La observación será fundamental como punto de partida para aplicar posteriormente herramientas de análisis de causa raíz (como el diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 porqués), lo que permitirá orientar el diseño de soluciones técnicas y operativas más precisas y efectivas.

Método Inductivo

El desarrollo de esta investigación se apoyará en el método inductivo, el cual permitirá partir de la observación y análisis de casos particulares dentro del proceso de llenado con la máquina NitroHotFill, para llegar a conclusiones generales sobre las causas y posibles soluciones a las pérdidas de semielaborado.

Este enfoque metodológico se justifica porque el proyecto parte de datos reales y observables obtenidos directamente en el entorno productivo, tales como:

- Frecuencia y volumen de producto perdido en determinadas condiciones.
- Comportamiento de los parámetros operativos (presión, temperatura, velocidad de llenado).
- Registro de fallos técnicos o desajustes en el equipo.
- Prácticas operativas identificadas durante la producción.

A partir del análisis sistemático de esta información, se busca identificar patrones de falla y relaciones causa-efecto, que posteriormente permitirán formular hipótesis generales sobre el origen del problema y plantear estrategias de mejora sostenibles y replicables.

El método inductivo será especialmente útil en la etapa de diagnóstico, ya que facilitará el proceso de construcción del conocimiento a partir de la experiencia empírica en la planta, y contribuirá a fundamentar la toma de decisiones técnicas en función de la evidencia observada.

En conclusión, el uso del método inductivo en este estudio permitirá pasar de lo particular a lo general, garantizando una comprensión profunda del problema y una base sólida para diseñar e implementar soluciones que generen impacto real en la eficiencia del proceso productivo.

Variables

Tabla 2

Variables de Investigación

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Soporte
Pérdidas de semielaborado	Masa de producto semielaborado desperdiciado por problemas en avance/corte	Kg de semielaborado descartado en el área de avance y corte por lote/turno	Informes dados por la empresa Postobón
Tasa de rechazo (calidad)	Proporción de piezas/porciones no conformes en corte	Nº piezas no conformes por lote dividido por total piezas por lote	Informes dados por la empresa Postobón
Velocidad de línea / avance	Ritmo de la máquina en la etapa de avance/corte	Unidades procesadas por minuto (o m/min si aplica)	Informes dados por la empresa Postobón
Tiempo de paro por ajuste o limpieza (tiempo no productivo)	Tiempo total detenido por ajustes relacionados con avance/corte	Minutos de paro atribuibles a ajustes/limpieza por turno	Informes dados por la empresa Postobón

Número de acciones de mejora implementadas	Cantidad de mejoras propuestas e implementadas con seguimiento	Conteo de iniciativas Kaizen cerradas con evidencia	Informes dados por la empresa Postobón
Operador / turno (control)	Variabilidad debida a quien opera o al turno	ID de operador y turno asociado a cada lote	Informes dados por la empresa Postobón
Índice OEE parcial (disponibilidad-performance-calidad)	Medida compuesta de eficiencia de la célula de corte/avance	OEE específico para la llenadora NitroHotFill (disponibilidad×performance×calidad)	Informes dados por la empresa Postobón

Procesamiento y Recolección de Datos

Con ayuda del personal Supervisores de proceso, analistas y técnicos III del área denominada sala de jarabes y línea 8 se realizó una evaluación del rendimiento de semielaborado en planta embotelladora de Postobón sede Yumbo con respecto al desperdicio de semielaborado, como fuente de información se tomaron los registros de la planta de producción al consumo de semielaborado e identificación de pérdidas en el proceso.

Se plantea la propuesta de mejora continua bajo la metodología Kaizen para determinar la oportunidad de mejora, magnitud del problema y un análisis del principio de funcionamiento que garantice mitigar o eliminar los despilfarros o pérdidas de azúcar en la sala de jarabes, durante el proceso de filtración.

Hipótesis

H1: De investigación: La metodología Kaizen y otras teorías de mejora continúa utilizadas para mitigar el desperdicio de azúcar en el proceso de filtración para producción de jarabe simple, presentaron una mejora en la eficiencia de procesos que permitió a la planta embotelladora de Postobón sede Yumbo alcanzar la meta propuesta por la organización.

H2: Nula: La metodología Kaizen y demás teorías de mejora continua utilizadas para mejorar la eficiencia en el proceso de producción de jarabe simple por filtración de la planta embotelladora de Postobón sede Yumbo, no presentan los niveles de aprovechamiento de azúcar necesarios para alcanzar la meta propuesta por la organización.

H3. Alternativa: la metodología Kaizen a pesar de cumplir con la tarea de optimizar recurso no resulta ser eficiente puesto que el aprovechamiento no es el estipulado en las metas propuestas por la empresa Postobón.

Diseño de estudio

Los altos directivos encargados del direccionamiento de la empresa Postobón plantean una meta a alcanzar con respecto a la eficiencia de procesos, y se estructura un plan de acción que permita mejorar el rendimiento de la materia prima (Semielaborado - azúcar), mediante la metodología Kaizen, el ciclo PHVA o ciclo Deming y otras teorías de mejora continua mencionadas en el marco teórico.

A continuación, se presentan las etapas que se realizan para el desarrollo de la investigación.

Análisis e Interpretación de los Datos

Una vez planteada la situación inicial, justificación del problema en las secuencias del proceso de avance y corte de semielaborado. la información correspondiente en esta se evalúa e identifica el impacto de las problemáticas con relación a los costos de producción, productividad y rendimientos de los materiales en proceso.

Partiendo del enfoque del ciclo PHVA, en el que se fundamentaron los puntos anteriores haciendo énfasis principalmente en la primera etapa del ciclo Deming (Planear), en esta etapa se

estructuraron puntos como; entender el problema, establecer los objetivos, identificar los procesos a mejorar y definir los indicadores.

El trabajo y su enfoque va encaminado a buscar mejores resultados para la compañía y lograr alcanzar la meta propuesta inicialmente por está en el trabajo del procesamiento de azúcar en el área denominada “sala de jarabes – Linea 8” de la planta embotelladora de bebidas no alcohólicas de Postobón sede Yumbo para el presente año 2025, estimada en una meta de aprovechamiento del insumo en un 99,80 %.

A continuación, se anexan diagramas de procesos y datos estadísticos obtenidos durante el año 2025 relacionando los kilogramos de semielaborados envasados vs rendimiento final del proceso en la planta de estudio, además, de datos estadísticos del total de kilos perdidos de azúcar y el costo total de la materia prima, que dimensionan la problemática inicial. Durante el seguimiento realizado se plantean otras variables a tener en cuenta.

Recursos Necesarios

Para la ejecución y desarrollo del trabajo en la planta embotelladora de bebidas carbonatadas de Postobón Yumbo, se describen los recursos necesarios requeridos para la ejecución.

Tecnológicos: sistema GEA de filtración, sistema de pasteurización de jarabe, tratamiento de agua.

Físicos: Bombas de circulación, filtro de placas, Disolutor de azúcar, tanques de almacenamiento, tanque de recuperación,

Humanos: ingeniero de mejoramiento continuo, ingeniero de producción, ingeniero de mantenimiento, supervisor de producción sala de jarabe, calidad materias primas, técnicos de preparación, técnicos de llenadora.

Financieros: para la ejecución del proyecto se requiere una inversión de \$120.000.000 costo representado en la compra de unos flujómetros de medición de ^aBirx y pago de servicios técnicos del proveedor Tetrapak. Recursos autorizados por la gerencia y por el área del DEI (desarrollo e investigación).

Presupuesto Requerido

Para la implementación, verificación y validación de una propuesta de mejora continua con respecto al rendimiento de azúcar, en la planta de producción de Postobón Yumbo, no se tienen contemplados costos y/o presupuestos adicionales a los que se cuentan actualmente en la planta.

Cabe resaltar que estos cambios, modificaciones y posteriores actualizaciones que se tengan en la planta van a estar ligadas a los procesos ya establecidos por la compañía y que por ningún motivo debe representar inversión o sobrecostos de procesos.

La planta de producción de Postobón Yumbo cuenta con los recursos necesarios como mano de obra, equipo de mejoramiento continuo, personal operativo (metrología) y personal de calidad y producción atentos a nuevos cambios o planes de mejora que ayuden a cumplir con nuevos y mejores estándares de procesos.

No obstante, se pueden presentar algunos costos adicionales durante la ejecución del trabajo los cuales están avalados por la alta gerencia y por el departamento de desarrollo e investigación (DEI).

Resultados

Diagnosticar las principales causas de pérdida de semielaborado en las etapas de avance y corte de la máquina NitroHotFill de la línea 8 de la planta de bebidas Yumbo.

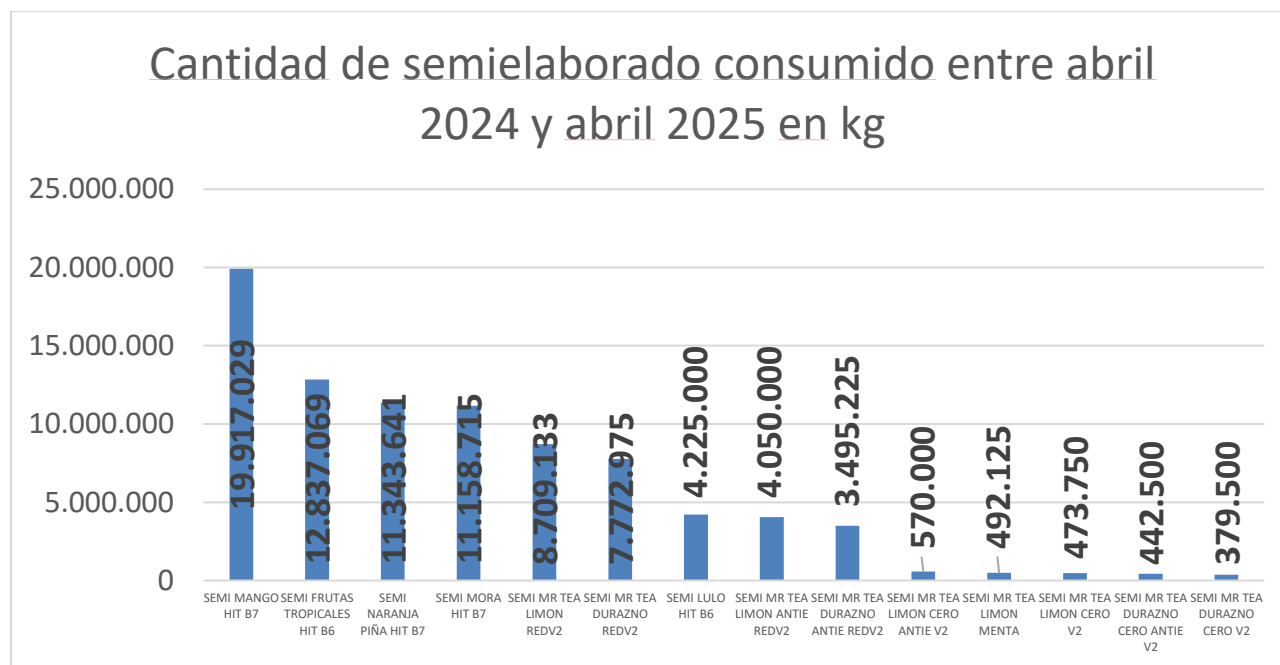
En la línea 8 de la planta de bebidas Yumbo, el proceso productivo inicia en sala de jarabe, donde se preparan los productos semielaborados que posteriormente son transferidos hacia la línea de llenado en caliente (NitroHotFill).

Durante este recorrido, el producto atraviesa diferentes etapas de bombeo, avance, recirculación y drenaje, hasta llegar al punto de llenado final.

En condiciones normales, parte del semielaborado que se encuentra en las líneas y tuberías debe ser desplazado entre cada cambio de referencia, lote o sabor. Sin embargo, se ha evidenciado que durante los avances por tiempo y las operaciones de corte de producto, se presentan pérdidas significativas de semielaborado aún útil, el cual es drenado hacia desecho sin ser aprovechado.

Estas pérdidas representan un sobre costo operativo considerable, disminuyen el rendimiento por lote y afectan el aprovechamiento de materias primas como jarabes, concentrados, edulcorantes y saborizantes.

Con el propósito de dimensionar el impacto global del desperdicio de producto semielaborado en la línea 8, se realizó un análisis integral de pérdidas, partiendo de la información consolidada de los registros de producción y reportes de desperdicio correspondientes al periodo evaluado.

Figura 1*Produccion General de Semielaborado*

Se presenta la pérdida total de semielaborado generada durante el proceso productivo, la cual incluye todos los conceptos asociados a drenajes, cambios de referencia, fines de producción y ajustes operativos. Este análisis permitió identificar el volumen total de producto útil que no llega a convertirse en producto terminado.

Posteriormente, y con el fin de entender la composición de dicha pérdida, se efectuó un cascadeo metodológico que permitió desglosar los resultados en distintos niveles de análisis:

Nivel 1 – Pérdida total: volumen global de semielaborado desperdiciado durante el periodo.

Nivel 2 – Pérdida por SKU: identificación del aporte de cada referencia o tipo de producto a la pérdida total, considerando las variaciones entre formulaciones, densidades y frecuencias de cambio.

Nivel 3 – Pérdida por causa operacional: distribución del desperdicio en categorías específicas, tales como avance y corte, drenaje de producto, fines de producción y otros factores asociados (como paros o limpieza de línea).

Nivel 1 – Pérdida Total

volumen global de semielaborado desperdiciado durante el periodo.

Figura 2

Pérdida Porcentual de Semielaborado.

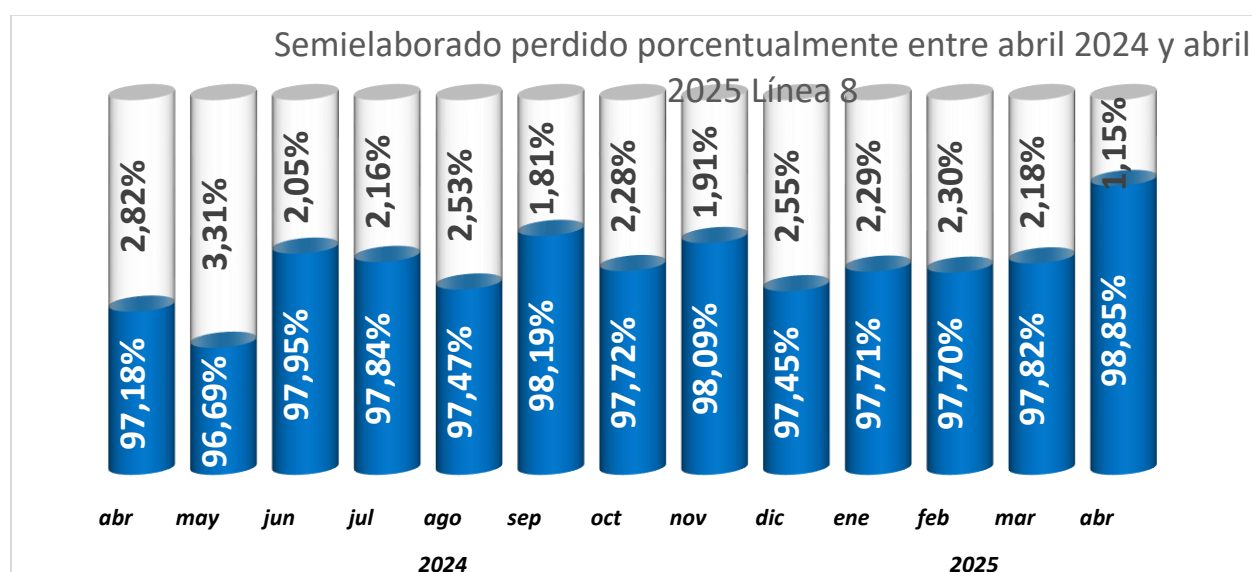
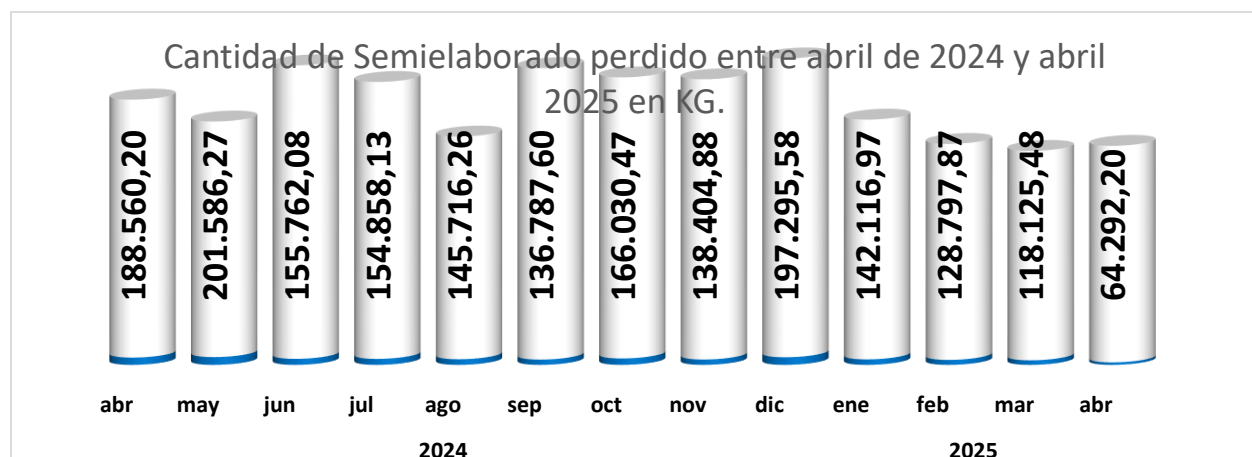


Figura 3

Pérdida de Semielaborado.



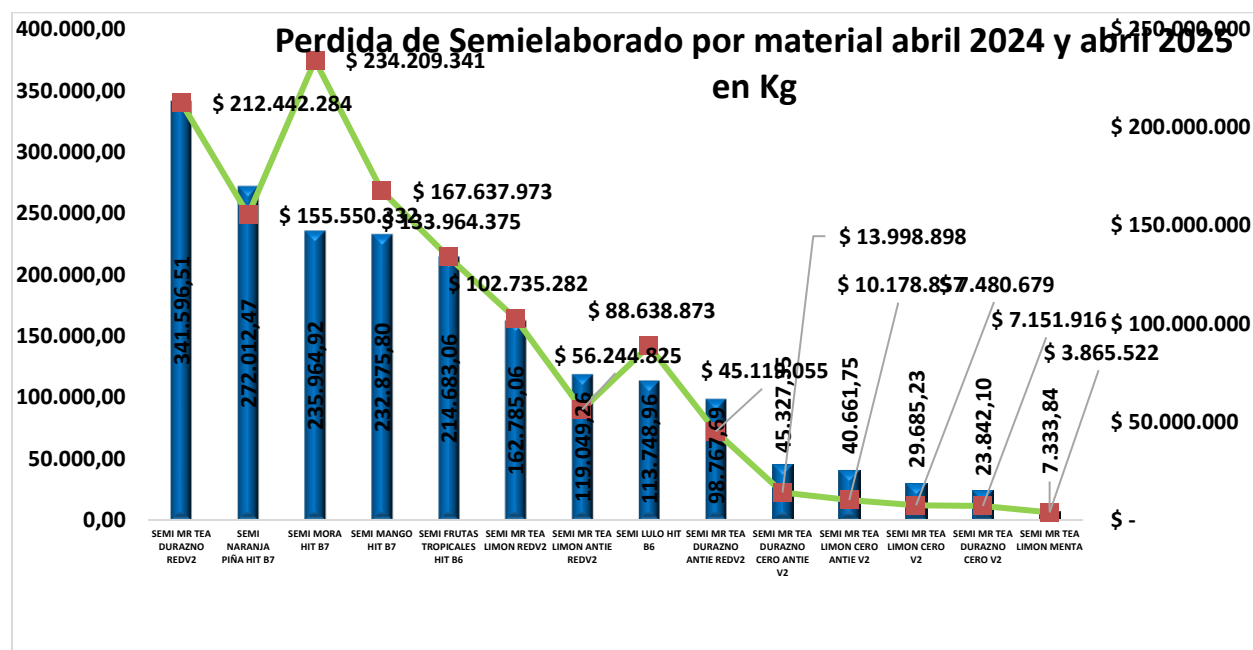
Fuente: Elaboración propia.

Nivel 2 – Pérdida por SKU:

Identificación del aporte de cada referencia o tipo de producto a la pérdida total, considerando las variaciones entre formulaciones, densidades y frecuencias de cambio.

Figura 4

Perdida de Semielaborado por SKU



Nivel 3 – Pérdida por Causa Operacional

distribución del desperdicio en categorías específicas, tales como avance y corte, drenaje de producto, fines de producción y otros factores asociados.

Figura 5

Perdida de Semielaborado por Categorías

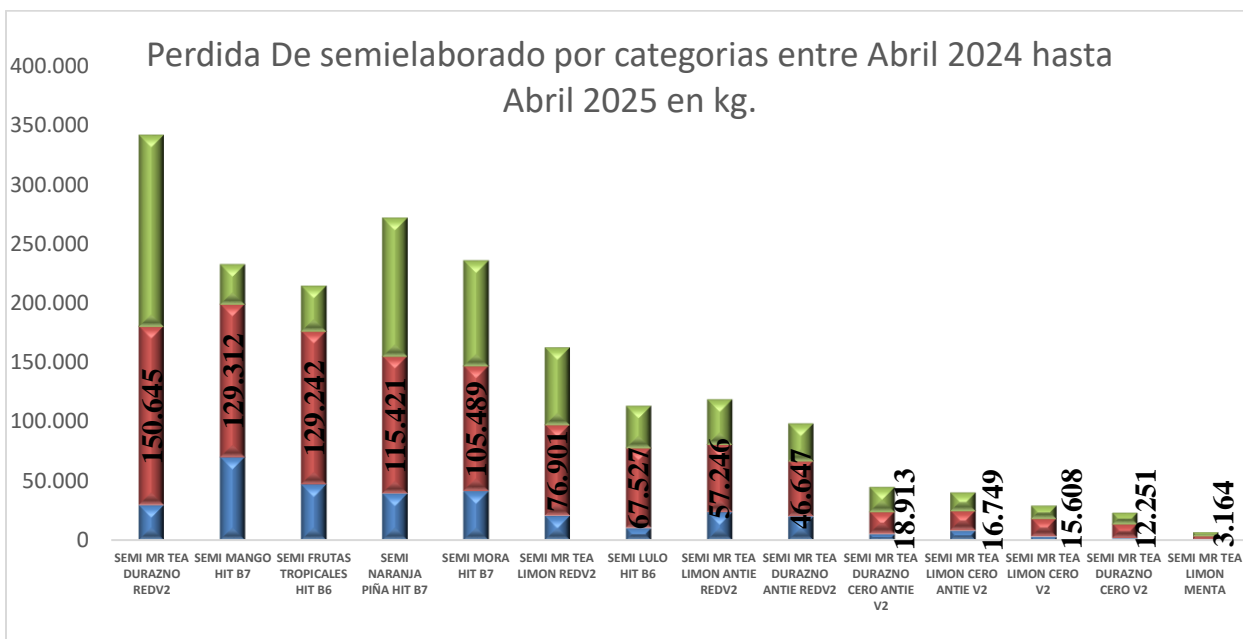
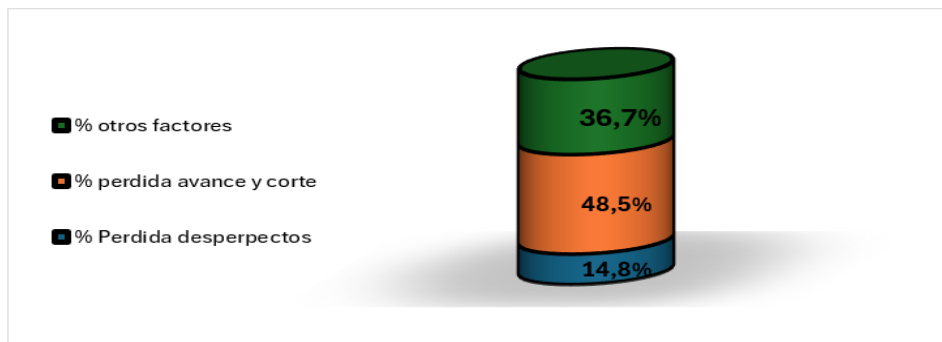
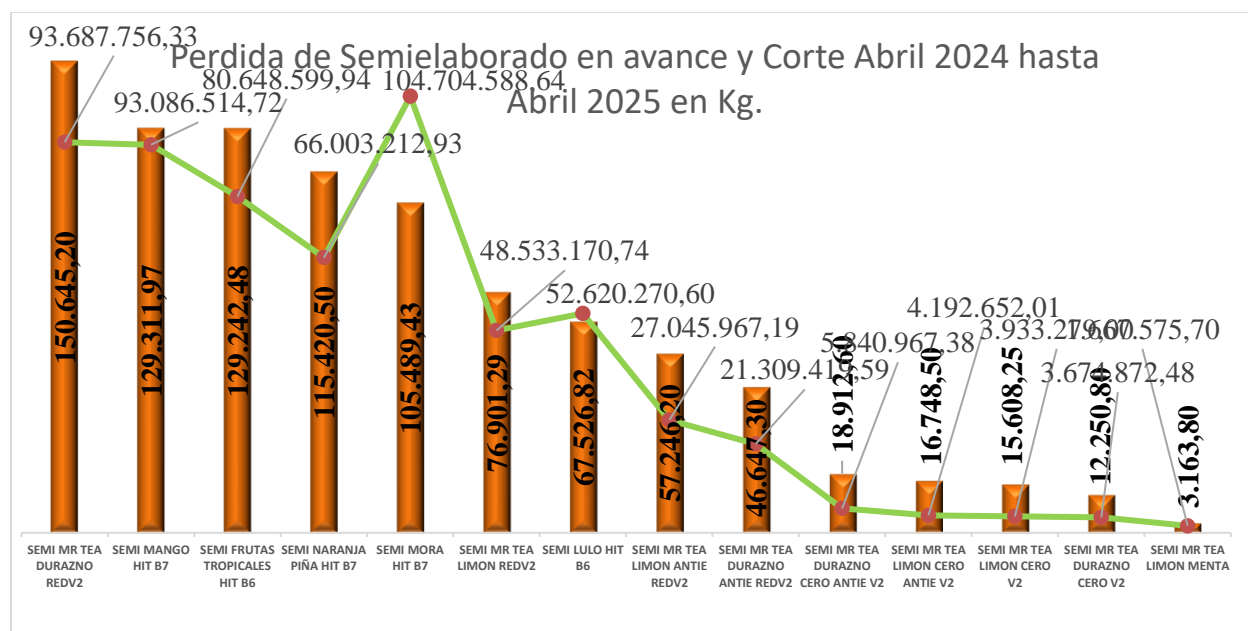


Figura 6

Perdida de Semielaborado por Avance y Corte



Este enfoque escalonado permitió visualizar el comportamiento general del desperdicio, así como los puntos críticos dentro del proceso que concentran el mayor impacto en la pérdida de producto.

En las gráficas obtenidas se evidencia que una parte significativa del desperdicio total proviene de las operaciones de avance y corte, lo que confirma la necesidad de analizar con mayor detalle estas etapas específicas del proceso.

Los resultados del cascadeo de pérdidas constituyen la base para el diagnóstico técnico presentado a continuación, en el cual se abordaron directamente las causas raíz que generan la pérdida de semielaborado durante el avance y corte en la máquina NitroHotFill.

Interpretación de resultados del diagnóstico de pérdidas

El análisis gráfico permitió comprender la magnitud y distribución del desperdicio de semielaborado generado en la línea 8 durante el periodo evaluado.

En la **primera gráfica**, se observa la producción total de semielaborado comparada con el volumen final de producto terminado, evidenciando la proporción de material que no logra ser aprovechado en el proceso de envasado.

La **segunda gráfica** muestra de forma porcentual esta relación, donde se aprecia que aproximadamente [porcentaje de pérdida] % del total del semielaborado producido corresponde a desperdicio, mientras que [porcentaje útil] % logra convertirse en producto terminado. Este comportamiento refleja un nivel de pérdida significativo, que impacta directamente la eficiencia productiva y los costos operativos de la línea.

En la **tercera gráfica**, el desperdicio total se convierte a unidades de kilogramos, lo que permite cuantificar con precisión la magnitud de la pérdida y estimar su costo asociado. Esta conversión es fundamental para establecer indicadores de rendimiento y facilitar la priorización de acciones correctivas.

La **cuarta gráfica** presenta la distribución del desperdicio según las principales causas operacionales, diferenciando entre:

Avance y corte: producto drenado durante los ajustes de flujo y calibración de llenado.

Desperdicios operativos: pérdidas generadas por fugas, derrames o fallas en el proceso.

Fines de producción y otros factores: volumen remanente de producto en las líneas al finalizar los lotes o durante el cambio de SKU.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la categoría de avance y corte representa la mayor proporción de pérdida dentro del total analizado, lo que indica la necesidad de enfocar el diagnóstico en estas etapas específicas.

Finalmente, en la **quinta gráfica**, se detalla el comportamiento por SKU, evidenciando que ciertos productos presentan un nivel de desperdicio mayor durante las operaciones de avance

y corte. Esto puede deberse a diferencias en viscosidad, temperatura de llenado, formulación o frecuencia de cambio de referencia.

En conjunto, este análisis confirma que las operaciones de avance y corte constituyen el principal punto crítico dentro del proceso, generando pérdidas de producto semielaborado que afectan el rendimiento global de la línea. Por lo tanto, se establece como prioridad el estudio detallado de las condiciones operativas, parámetros de tiempo y procedimientos aplicados en dichas etapas.

Metodología del Diagnóstico en las Etapas de Avance y Corte

Con el propósito de cuantificar y analizar las pérdidas de semielaborado generadas en las etapas de avance y corte de la máquina NitroHotFill de la línea 8, se desarrolló una metodología de recolección directa en planta durante un periodo de dos meses consecutivos.

La estrategia consistió en la captura controlada del producto drenado durante los procesos de avance y corte, implementando un sistema temporal de recolección conectado a la tubería de drenaje principal. Para ello, se dispuso una manguera auxiliar que redirigía el flujo del producto hacia recipientes plásticos de 200 kg de capacidad, garantizando la contención completa del material sin interferir con la operación normal de la línea.

Cada lote recolectado fue posteriormente medido y caracterizado, registrando el peso total y el valor de °Brix mediante refractómetro, con el fin de verificar si el producto se encontraba dentro de los parámetros establecidos para el proceso. Este control permitió determinar la proporción de producto aún apto para envasado, pero que se estaba perdiendo durante las operaciones de ajuste.

La actividad de recolección se efectuó entre 4 y 8 veces por cada ciclo del proceso, dependiendo de la rotación del SKU y la frecuencia de los cambios de referencia. De esta

manera, se logró obtener una muestra representativa de los diferentes escenarios operativos de la línea.

Los datos recopilados se consolidaron en una base de registro diario que permitió:

Cuantificar el volumen total de producto drenado en avance y corte.

Identificar las variaciones de pérdida entre SKUs.

Evaluar la frecuencia e impacto de cada tipo de drenaje.

Determinar la eficiencia del proceso de avance y corte frente al volumen total procesado.

Este procedimiento metodológico permitió disponer de información confiable y trazable sobre las pérdidas reales de semielaborado, constituyendo la base para el análisis de causas raíz y la formulación de acciones correctivas en el proceso.

Resultados e Interpretación del Diagnóstico

A partir de la recolección de datos realizada durante el periodo de evaluación, se consolidó la información correspondiente al volumen de producto semielaborado desperdiciado en las etapas de avance y corte de la máquina NitroHotFill de la línea 8.

Los resultados obtenidos permitieron identificar una pérdida total de aproximadamente [945.115 kg] de producto durante los meses de seguimiento, equivalente a un [2.28 %] del volumen total procesado. Este valor evidencia una afectación significativa en el rendimiento global de la línea, representando un impacto directo sobre los costos operativos y la eficiencia de conversión del semielaborado en producto terminado.

Análisis General de Pérdidas

Del total de semielaborado producido, se observó que un [97.72 %] correspondió a producto aprovechado en el proceso de envasado, mientras que el [2.28 %] restante se perdió

durante los procesos de drenaje y ajuste operativo. La mayor proporción de desperdicio se concentró en las etapas de avance y corte, lo que confirma su relevancia dentro del diagnóstico.

Al convertir los porcentajes de pérdida a unidades físicas (kilogramos), se logró cuantificar de manera precisa el impacto económico del desperdicio, estableciendo una base objetiva para la evaluación de mejoras futuras.

Resultados e Interpretación del Diagnóstico

El análisis de la información recolectada durante los meses de evaluación permitió cuantificar las pérdidas de producto semielaborado generadas en las etapas de avance y corte de la máquina NitroHotFill de la línea 8, así como su distribución por causa operacional y por referencia (SKU).

Análisis global de pérdidas

Durante el periodo de observación, el volumen total de producto semielaborado procesado fue de 84.016.989 kg, de los cuales 1.938.334 kg correspondieron a desperdicio total, lo que representa una pérdida del 2,30 % del total producido. Este valor refleja un impacto significativo sobre la eficiencia de conversión del semielaborado a producto terminado, afectando directamente los costos operativos de la línea.

De esta pérdida total, se determinó que el 97,72 % del producto se aprovechó efectivamente en el proceso de envasado, mientras que el 2,28 % restante se perdió por diferentes causas operacionales.

Distribución del desperdicio por causa operacional

El desglose del desperdicio total permitió identificar tres causas principales asociadas al proceso productivo: avance y corte, desperdicios operativos y fines de producción/otros factores.

Tabla 3*Desglose Total de Semielaborado*

Causa operacional	Pérdida (kg)	Participación sobre el total (%)	Descripción
Avance y corte	945.115	48,50%	Producto drenado durante la estabilización del flujo de llenado y los ajustes de calibración.
Desperdicios operativos	318.052	14,80%	Pérdidas por fugas, derrames o fallas menores durante la operación.
Fines de producción / otros	612866	36,70%	Producto residual en tuberías o tanques al finalizar el lote, suministro de energía y pérdidas durante limpieza o cambio de SKU.

El análisis evidencia que las etapas de avance y corte representan cerca de la mitad del desperdicio total, convirtiéndose en la principal oportunidad de mejora dentro del proceso. Esto coincide con las observaciones en planta, donde el drenaje inicial y final del producto genera pérdidas constantes, incluso cuando el producto aún cumple con los parámetros de °Brix y temperatura requeridos.

Análisis de Pérdidas por SKU

Al evaluar el comportamiento del desperdicio por referencia (SKU), se identificaron diferencias significativas entre productos, principalmente asociadas a la densidad del jugo, frecuencia de cambio de lote y tiempo de estabilización del flujo.

Tabla 4*Comportamiento por SKU*

Texto breve de material	Suma de semielaborado	Perdida desperfectos	perdida avance y corte	Otros factores
Semi frutas tropicales hit b6	214.683	46.655	129.242	38.786
Semi lulo hit b6	113.749	10.265	67.527	35.957
Semi mango hit b7	232.876	69.274	129.312	34.290
Semi mora hit b7	235.965	41.103	105.489	89.372
Semi mr tea durazno antie redv2	98.768	20.028	46.647	32.092
Semi mr tea durazno cero antie v2	45.327	5.186	18.913	21.229
Semi mr tea durazno cero v2	23.842	1.545	12.251	10.046
Semi mr tea durazno redv2	279.297	29.295	150.645	99.356
Semi mr tea limón antie redv2	119.049	23.547	57.246	38.256
Semi mr tea limón cero antie v2	40.662	8.207	16.749	15.707
Semi mr tea limón cero v2	29.685	2.871	15.608	11.206
Semi mr tea limón menta	7.334	480	3.164	3.690
Semi mr tea limón redv2	162.785	20.378	76.901	65.505
Semi naranja piña hit b7	272.012	39.217	115.421	117.375
Total	1.876.034	318.052	945.115	612.867

Se observa que los productos Durazno 500 ml, y y lo sabores HIT 500 ml (Mango, Naranja piña, Frutas tropicales y Mora) presentan las mayores pérdidas durante avance y corte, con valores de 66,67 %.

Esto puede estar relacionado con sus propiedades fisicoquímicas (mayor viscosidad) y con la frecuencia de cambios de lote, que incrementan la cantidad de drenajes necesarios para estabilizar el sistema.

Por otro lado, los productos con menor densidad y flujo más estable, como los TEA, registraron pérdidas más bajas (33,33 %), evidenciando una mejor respuesta operativa durante el avance y el corte.

Impacto operativo y económico

La cuantificación de las pérdidas permitió estimar un impacto aproximado de 945.115 kg de producto no aprovechado, equivalente a un costo económico estimado de \$606.948.847 COP en el periodo analizado.

Estos resultados confirman que las etapas de avance y corte constituyen el principal punto crítico de pérdida y, por tanto, deben ser el foco principal de intervención técnica y operativa.

En conclusión, el diagnóstico permitió identificar que las operaciones de avance y corte representan el principal punto crítico de pérdida en la máquina NitroHotFill de la línea 8, con una participación del 48,5 % del desperdicio total y un impacto económico aproximado de \$606.948.847 COP durante el periodo analizado.

Estos resultados evidencian la necesidad de implementar acciones técnicas y operativas orientadas a optimizar los parámetros de trabajo, reducir el volumen de drenaje y mejorar la eficiencia general del proceso.

En la siguiente sección se desarrollan las acciones correctivas y de mejora diseñadas a partir de los hallazgos del diagnóstico, las cuales buscan atacar las causas raíz de pérdida y consolidar un modelo operativo más eficiente y sostenible en el tiempo.

Implementar Acciones Técnicas y Operativas Orientadas a la Reducción del Desperdicio, Basadas en los Resultados del Diagnóstico.

Con base en los resultados del diagnóstico inicial, se determinó que las mayores pérdidas de semielaborado se concentraban en las etapas de avance y corte, con un total de 945.115 kg, equivalentes al 48,5 % del desperdicio general.

El análisis de datos recolectados en planta durante dos meses evidenció que una fracción considerable del producto drenado en dichas etapas se encontraba dentro de los rangos de especificación de °Brix y temperatura, lo cual indicaba un potencial de recuperación si se optimizaban los tiempos de operación.

En consecuencia, se diseñó e implementó una estrategia técnica orientada a la reducción del drenaje innecesario, enfocada en la optimización de los tiempos de avance y corte programados en el sistema de control de la máquina NitroHotFill.

Dicha intervención se fundamentó en el comportamiento del producto según variables críticas como viscosidad, densidad y temperatura, que influyen directamente en la estabilidad del flujo y en la necesidad de purga.

Acciones desarrolladas:

Ajuste de los tiempos de avance y corte en el programa de la máquina NitroHotFill por SKU.

Verificación del comportamiento del producto frente a su viscosidad y temperatura.

Validación operativa en diferentes referencias bajo condiciones reales de producción.

Seguimiento técnico a los drenajes posteriores a cada ciclo para evaluar estabilidad y eficiencia.

Seguimiento a los drenajes posteriores a cada ciclo, para validar la estabilidad y efectividad del nuevo parámetro.

Resultados Comparativos (Antes vs. Después)

El proceso de ajuste se enfocó en dos parámetros principales: tiempo de corte y tiempo de avance, buscando reducir la cantidad de producto drenado sin comprometer la estabilidad del llenado.

Tabla 5*Tiempos de Corte antes y después.*

Formato	Tiempo de Corte		Antes	Después	Ahorro
	SKU	Texto breve material	Tiempo (seg)	Tiempo (seg)	Tiempo (seg)
Hit 300 x 12	33127	Frutas tropicales hit 300ml pet x 12 nue	140	180	40
	33128	Lulo hit 300ml pet x 12			
	33129	Mango hit 300ml pet x 12 nuev			
Hit 500 x 12	23242	Frutas tropicales hit 500 ml pet x 12	80	110	30
	23278	Lulo hit 500 ml pet x 12			
	23244	Mango hit 500 ml pet x 12			
	23245	Mora hit 500 ml pet x 12			
	23243	Naranja piña hit 500 ml pet x 12			
Hit 1.500 x 6	23284	Frutas tropicales hit 1.500 ml pet x 6	80	110	30
	23304	Mango hit 1.500 ml pet x 6			
	23303	Mora hit 1.500 ml pet x 6			
	23283	Naranja piña hit 1.500 ml pet x 6			
Mr tea p 500x12	23612	Durazno cero mr tea 500 ml pet x 12	80	110	30
	23380	Durazno mr tea 500 ml pet x12			
	23613	Limón cero mr tea 500 ml pet x 12			
	32793	Limón menta mr tea 500 ml pet x 12			
	23601	Limón mr tea 500 ml pet x 12			
Mr tea p 1500x6	23378	Durazno mr tea 1.500 ml pet x 6	80	110	30
	23608	Durazno cero mr tea 1.500ml pet x 6			
	23379	Limón mr tea 1.500 pet x 6			
	23607	Limón cero mr tea 1.500 ml pet x 6			

Interpretación:

Se observa un incremento controlado del tiempo de corte, lo que permitió garantizar la purga completa del sistema antes del llenado, reduciendo el riesgo de producto fuera de especificación y mejorando la consistencia de flujo.

Tabla 6*Tiempos de Avance antes y después.*

Tiempo de Avance		Antes	Después	Ahorro
SKU	Texto breve material	Tiempo (seg)	Tiempo (seg)	Tiempo (seg)
33127	Frutas tropicales hit 300ml pet x 12 nue	65	50	15
33128	Lulo hit 300ml pet x 12	65	50	15
33129	Mango hit 300ml pet x 12 nuev	65	50	15
23242	Frutas tropicales hit 500 ml pet x 12	65	50	15
23278	Lulo hit 500 ml pet x 12	65	50	15
23244	Mango hit 500 ml pet x 12	65	50	15
23245	Mora hit 500 ml pet x 12	65	50	15
23243	Naranja piña hit 500 ml pet x 12	65	50	15
23284	Frutas tropicales hit 1.500 ml pet x 6	65	50	15
23304	Mango hit 1.500 ml pet x 6	65	50	15
23303	Mora hit 1.500 ml pet x 6	65	50	15
23283	Naranja piña hit 1.500 ml pet x 6	65	50	15
23612	Durazno cero mr tea 500 ml pet x 12	65	50	15
23380	Durazno mr tea 500 ml pet x12	65	50	15
23613	Limón cero mr tea 500 ml pet x 12	65	50	15
32793	Limón menta mr tea 500 ml pet x 12	65	50	15
23601	Limón mr tea 500 ml pet x 12	65	50	15
23378	Durazno mr tea 1.500 ml pet x 6	65	50	15
23608	Durazno cero mr tea 1.500ml pet x 6	65	50	15
23379	Limón mr tea 1.500 pet x 6	65	50	15
23607	Limón cero mr tea 1.500 ml pet x 6	65	50	15

Interpretación:

El tiempo de avance promedio se redujo de 65 a 50 segundos, evitando drenajes prolongados de producto en especificación. Esto optimizó la transición entre ciclos y disminuyó el desperdicio de producto útil durante la etapa de estabilización inicial.

Tabla 7

Comparativos de datos antes y después.

Proceso de avance y corte				Antes		Después		Ahorro	
Material	Texto breve Material	SKU	Texto breve Material	Cantidad Avance Kg	Cantiad Corte Kg	Cantidad Avance Kg	Cantiad Corte Kg	Cantidad Avance Kg	Cantiad Corte Kg
1654380	Semi frutas tropicales hit b6	33127	Frutas tropicales hit 300ml pet x 12 nue	335,85	639,07	69,74	109,99	266,11	529,08
		23242	Frutas tropicales hit 500 ml pet x 12	685,85	959,07	98,65	110,45	587,20	848,62
		23284	Frutas tropicales hit 1.500 ml pet x 6	585,85	859,07	85,45	95,45	500,40	763,62
1654226	Semi lulo hit b6	33128	Lulo hit 300ml pet x 12	402,13	582,38	75,68	17,31	326,45	565,07
		23278	Lulo hit 500 ml pet x 12	522,13	762,38	95,45	45,25	426,68	717,13
1654228	Semi mango hit b7	33129	Mango hit 300ml pet x 12 nuev	446,10	565,40	56,46	17,41	389,64	547,99
		23244	Mango hit 500 ml pet x 12	624,10	695,40	74,35	45,25	549,75	650,15
		23304	Mango hit 1.500 ml pet x 6	546,10	735,40	65,12	35,42	480,98	699,98
1654223	Semi mora hit b7	23245	Mora hit 500 ml pet x 12	615,35	702,35	63,44	19,55	551,91	682,80
		23303	Mora hit 1.500 ml pet x 6	675,40	768,64	43,45	39,55	631,95	729,09
1654379	Semi naranja piña hit b7	23243	Naranja piña hit 500 ml pet x 12	604,50	695,25	194,36	383,16	410,14	312,09
		23283	Naranja piña hit 1.500 ml pet x 6	764,50	895,25	214,25	363,16	550,25	532,09
1577920	Semi mr tea durazno antie redv2	23378	Durazno mr tea 1.500 ml pet x 6	485,35	625,30	315,07	317,51	170,28	307,79
1577922	Semi mr tea durazno cero antie v2	23608	Durazno cero mr tea 1.500ml pet x 6	625,45	725,45	111,96	95,00	513,49	630,45
1577918	Semi mr tea durazno cero v2	23612	Durazno cero mr tea 500 ml pet x 12	425,65	595,25	115,00	65,00	310,65	530,25
1577916	Semi mr tea durazno redv2	23380	Durazno mr tea 500 ml pet x12	1.345,40	1.525,75	945,40	1.125,75	400,00	400,00
1577919	Semi mr tea limón antie redv2	23379	Limón mr tea 1.500 pet x 6	565,60	735,45	166,61	105,45	398,99	630,00
1577921	Semi mr tea limón cero antie v2	23607	Limón cero mr tea 1.500 ml pet x 6	345,25	536,25	125,45	103,45	219,80	432,80
1577917	Semi mr tea limón cero v2	23613	Limón cero mr tea 500 ml pet x 12	475,25	565,30	102,45	85,46	372,80	479,84
1742190	Semi mr tea limón menta	32793	Limón menta mr tea 500 ml pet x 12	365,45	425,50	260,21	192,29	105,24	233,21
1577915	Semi mr tea limón redv2	23601	Limón mr tea 500 ml pet x 12	667,74	705,50	290,62	165,40	377,12	540,10

Análisis:

Los ajustes implementados generaron una reducción del 50 % en el desperdicio total de semielaborado asociado a las etapas de avance y corte.

Aunque se incrementó ligeramente el tiempo de corte, la reducción del avance compensó el balance general del proceso, logrando una mejora neta en el rendimiento del material.

Interpretación Técnica de los Resultados

El comportamiento posterior a la intervención demostró una mayor eficiencia en la estabilización del flujo de producto, alcanzando un equilibrio óptimo entre el drenaje necesario y el aprovechamiento del semielaborado dentro de especificación.

Esto se traduce en los siguientes beneficios técnicos y económicos:

Reducción del desperdicio: 472.557 kg menos de producto drenado, equivalente a un ahorro potencial de \$303.474.423 COP, considerando el costo promedio por kg de semielaborado.

Mayor estabilidad operativa: disminución de ajustes manuales por parte de los operadores durante los cambios de lote.

Estandarización de parámetros de proceso, garantizando consistencia entre turnos y referencias.

Mejor control del drenaje inicial, contribuyendo a una reducción del impacto ambiental asociado a residuos líquidos.

Si bien los resultados muestran una mejora técnica significativa, se recomienda realizar un seguimiento continuo durante los siguientes ciclos productivos para validar la sostenibilidad y reproducibilidad del cambio.

Estandarizar las Prácticas Operativas Mediante la Capacitación del Personal, Garantizando la Sostenibilidad de las Mejoras Aplicadas.

Durante la fase de análisis se identificó que las variaciones en los resultados de desperdicio de semielaborado estaban asociadas, en parte, a la falta de estandarización en los parámetros de avance y corte. Estos valores dependían en gran medida de ajustes empíricos realizados por el personal operativo, lo cual generaba inconsistencias entre turnos y afectaba la estabilidad del proceso productivo.

Acciones implementadas

Para garantizar la sostenibilidad de las mejoras propuestas, el ingeniero de mantenimiento lideró la implementación técnica de los ajustes requeridos en las máquinas, realizando modificaciones manuales controladas en los sistemas de avance y corte.

Una vez validadas las condiciones óptimas de operación y definidos los nuevos tiempos estándar, se procedió a socializar los cambios con el personal técnico 3, responsable de la operación directa de las líneas.

La capacitación se centró en explicar los nuevos parámetros, las condiciones de máquina y los límites de ajuste permitidos, considerando que este personal no tiene autorización para intervenir en la configuración mecánica o de programación.

De esta manera, se logró uniformar el proceso operativo, garantizando la correcta aplicación de los parámetros definidos por mantenimiento y reduciendo la variabilidad entre turnos.

Resultados / Beneficios

Con la intervención técnica y la socialización posterior, se alcanzó una mayor uniformidad en la ejecución de los procesos de avance y corte, lo que contribuyó a la reducción significativa del desperdicio y a una mejora en la estabilidad del flujo de producción.

El personal técnico 3 adquirió un conocimiento más claro sobre las condiciones óptimas de operación, reforzando el control y la trazabilidad de las variables críticas del proceso.

Adicionalmente, se elaboró una base técnica documentada que servirá como guía de referencia para futuras calibraciones y mantenimientos preventivos, fortaleciendo el enfoque de mejora continua.

Conclusión

La estandarización de las prácticas operativas, apoyada en la intervención del área de mantenimiento y en la capacitación controlada del personal técnico, permitió consolidar un proceso más estable, repetible y alineado con los objetivos de eficiencia de la planta.

No obstante, con el fin de asegurar la sostenibilidad técnica a largo plazo, se proyecta una mejora complementaria orientada a la automatización del control de avance y corte, permitiendo incrementar la precisión del proceso y disminuir la intervención manual.

Evidencia de Capacitación y Estandarización

Con el propósito de formalizar el proceso de transferencia de conocimiento, se diseñó e implementó un formato de capacitación técnica, en el cual se registran las actividades de socialización realizadas por el ingeniero de mantenimiento con el personal técnico 3.

Este formato permite dejar evidencia de la formación impartida, las temáticas abordadas, los responsables involucrados y las firmas de conformidad, asegurando la trazabilidad del proceso de estandarización.

De esta forma, se fortalece la cultura de documentación técnica y se garantiza la correcta aplicación de las prácticas operativas definidas.

Figura 7

Informe de Capacitación y/o Recreación

INFORME DE EVENTOS DE CAPACITACIÓN Y/O RECREACIÓN						
NOMBRE PROGRAMA:		Programa de Estandarización Operativa y Mejora Continua				
NOMBRE CURSO - TALLER:		Taller de Buenas Prácticas Operativas en Avance y Corte				
PLANTA:	0410	CIUDAD:	Yumbo			
FECHA INICIA:	10-oct-25 DD - MMM - AA	FINALIZA:	10-oct-25 DD - MMM - AA	DURACIÓN (horas):		
INSTRUCTOR:	Alexander Chaves	Interno:	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo: <input type="checkbox"/>		
ÁREA / DEPENDENCIA (INSTRUCTOR):		Producción				
¿CUÁL ES EL OBJETIVO DE LA CAPACITACIÓN?						
Al finalizar el programa los participantes deben ser capaces de: <i>Capacitar al personal técnico en la correcta aplicación de los parámetros estandarizados de avance y corte, garantizando la uniformidad operativa y la sostenibilidad de las mejoras implementadas.</i>						
CUMPLIMIENTO DE OBJETIVO:		Si:	<input checked="" type="checkbox"/>	No:	<input type="checkbox"/>	
ENUNCIAR CONTENIDO DE LA CAPACITACIÓN						
Enfoque técnico y operativo Enfoque en buenas prácticas Enfoque en transferencia de conocimiento Enfoque en sostenibilidad y mejora continua:						
CUMPLIMIENTO DEL CONTENIDO:		Si:	<input checked="" type="checkbox"/>	No:	<input type="checkbox"/>	
OBSERVACIONES - RESULTADOS - ACCIONES A TOMAR - PERSONAS QUE NO ASISTIERON						
Nombre y firma del instructor _____						
CONSOLIDADO DE LA EVALUACIÓN DE SATISFACCIÓN DE LA CAPACITACIÓN						
(Para diligenciar por parte del instructor)						
Preguntas Formuladas en la Evaluación de Satisfacción		# DE RESPUESTAS POR CADA ÍTEM				
Con respecto al Programa...		# Rtas 1	# Rtas 2	# Rtas 3	# Rtas 4	# Rtas 5
1	Los objetivos fueron planteados y expresados claramente					
2	Los materiales y ayudas fueron útiles para mi aprendizaje					
3	Las actividades fueron apropiadas para mi trabajo / para la empresa					
4	Las necesidades y expectativas iniciales se cumplieron					
5	El tiempo asignado para el curso fue ...					
6	El lugar donde se llevó a cabo la capacitación fue ...					
Con respecto al Facilitador...						
7	El lenguaje y la metodología utilizados permitieron la comprensión de los temas					
8	Respondió adecuadamente las preguntas que se le plantearon					
9	Hace una conducción adecuada del grupo para facilitar el aprendizaje					
10	Tiene los conocimientos sobre el tema y está bien preparado para la sesión					
11	El manejo del tiempo fue adecuado y con puntualidad (fecha y hora)					
Sumatoria número de personas que calificaron para cada ítem						
Porcentaje de Eficacia = suma de los ítems 4 y 5 (S4y5) / sumatoria total ítems (STI) *100						

Propuesta Técnica de Automatización: Instalación de Fluómetros

Como parte de la sostenibilidad de las mejoras implementadas, se plantea la automatización del sistema de control de avance y corte mediante la instalación de dos flujómetros en el área del pasteurizador.

Estos dispositivos permitirán detectar los ciclos de corte y avance a través de señales tipo brix, integrándose con el sistema de control para generar una lectura continua y precisa de las variables de operación.

La implementación de esta tecnología permitiría una reducción adicional del desperdicio de material de hasta un 85%, optimizando el aprovechamiento del semielaborado y mejorando la estabilidad del proceso.

Además de su impacto en la eficiencia, la automatización facilitaría la recopilación de datos en tiempo real, fortaleciendo la capacidad de análisis del proceso y reduciendo la dependencia de ajustes manuales.

Esta propuesta se concibe como un paso estratégico hacia la modernización y sostenibilidad tecnológica de la línea de producción, alineada con los objetivos de eficiencia energética y productividad de la planta.

Figura 8

Diagrama de Fluómetros



Presupuesto Estimado del Proyecto

Con el propósito de determinar la viabilidad económica de la propuesta técnica de automatización y estandarización del proceso de avance y corte, se elaboró un presupuesto estimado que contempla los costos asociados a la adquisición de equipos, la implementación técnica, la mano de obra especializada y la parametrización del sistema de control.

La inversión total proyectada asciende aproximadamente a \$90.000.000 COP, considerando los siguientes rubros:

Tabla 8

Presupuesto estimado del proyecto

Rubro	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (COP)	Costo Total (COP)	Observaciones
Equipos de automatización	Adquisición de flujómetros industriales tipo Brix y accesorios de conexión	2 unidades	\$ 30.000.000	\$ 60.000.000	Incluye instalación eléctrica y conexión al sistema de control
Mano de obra técnica	Intervención del ingeniero de mantenimiento y personal técnico especializado	60 horas	\$ 120.000	\$ 7.200.000	Configuración, calibración y pruebas funcionales
Parametrización y ajuste	Programación del sistema de control para integración de sensores	1 servicio	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	Adaptación del sistema de control y pruebas de comunicación
Capacitación técnica	Taller de Buenas Prácticas Operativas en Avance y Corte	2 jornadas	\$ 800.000	\$ 1.600.000	Incluye material impreso y horas de formación
Documentación y registro	Elaboración de formatos, registros y manual técnico de operación	1 paquete	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000	Formatos, guías y evidencia fotográfica

Costos indirectos	Uso de equipos, consumo energético y soporte logístico	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	Estimación por operación y supervisión
Total, Estimado				\$ 90.000.000	

La inversión propuesta se justifica por el impacto directo en la reducción del desperdicio de semielaborado, el aumento de la eficiencia del proceso y la disminución de la intervención manual, asegurando la sostenibilidad técnica y operativa a largo plazo del sistema de avance y corte.

Evaluar la Efectividad de las Mejoras Implementadas Mediante el Análisis Comparativo de Indicadores de Pérdida y Eficiencia Antes y Después de la Intervención.

El presente objetivo busca evaluar la efectividad de las acciones técnicas y operativas implementadas en las etapas de avance y corte, mediante el análisis comparativo de indicadores de pérdida y eficiencia antes y después de la intervención.

Actualmente, el proceso se encuentra en una fase de revisión y ajuste manual controlado, con el propósito de validar los nuevos parámetros establecidos y recopilar información confiable que permita medir el impacto real de las mejoras aplicadas.

Fase de Revisión y Ajuste Manual

Durante esta etapa, se están llevando a cabo ajustes preliminares en los tiempos y parámetros de operación de las máquinas de avance y corte.

Estos ajustes están siendo monitoreados semanalmente por el área técnica y de mantenimiento con el fin de identificar comportamientos anómalos, estabilizar la operación y asegurar la correcta aplicación de los estándares definidos.

Si bien los resultados cuantitativos aún no se encuentran consolidados, se espera que durante el primer mes de seguimiento se logre evidenciar una tendencia positiva en la reducción del desperdicio de semielaborado y una mayor estabilidad del proceso productivo.

El análisis definitivo de indicadores será realizado una vez se complete este ciclo de observación, permitiendo comparar los valores de pérdida y eficiencia frente a los registros históricos previos a la intervención.

Nota: Los indicadores de desempeño se evaluarán con base en la información recolectada en los formatos de seguimiento diario y control de proceso implementados recientemente.

Proyección de Mejora con la Automatización del Sistema

De manera complementaria a la fase manual, el proyecto contempla una segunda etapa de mejora basada en la automatización del sistema de avance y corte mediante la instalación de flujómetros industriales.

Esta propuesta técnica se encuentra pendiente de aprobación presupuestal, con una inversión estimada en \$90.000.000 COP, que incluye mano de obra, implementación, parametrización y adquisición de los equipos.

De acuerdo con el diagnóstico y los análisis técnicos preliminares, se proyecta que la automatización permitirá:

Reducir el desperdicio de semielaborado hasta en un 85 %.

Aumentar la eficiencia operativa del sistema.

Disminuir la dependencia de los ajustes manuales.

Asegurar la estabilidad y repetibilidad del proceso a largo plazo.

En esta etapa, el proyecto se encuentra en fase de validación de las mejoras implementadas.

Si bien aún no se dispone de resultados finales, las observaciones iniciales sugieren una respuesta positiva del proceso a los ajustes manuales, lo que permitirá establecer una línea base sólida para la comparación posterior.

La futura implementación de la automatización representará un avance significativo en el control del desperdicio y la eficiencia, fortaleciendo el modelo de mejora continua propuesto en el presente estudio.

Conclusiones

El desarrollo de los objetivos específicos permitió abordar de manera integral la problemática de desperdicio de semielaborado en la línea de producción, avanzando desde el diagnóstico inicial hasta la proyección de una solución automatizada.

A lo largo de esta fase, se evidenció un proceso de mejora continua que integró aspectos técnicos, operativos y humanos, consolidando resultados favorables en términos de eficiencia, control y sostenibilidad.

El diagnóstico permitió cuantificar y caracterizar las pérdidas de semielaborado en las etapas de avance y corte de la máquina NitroHotFill de la línea 8, evidenciando una pérdida total de 945.115 kg, equivalente al 48,5 % del desperdicio general y un impacto económico aproximado de \$606.948.847 COP.

El análisis detallado por SKU y causa operacional confirmó que el avance y corte constituyen el principal punto crítico del proceso, asociado principalmente a drenajes innecesarios de producto aún dentro de especificación. Estos resultados establecieron una base técnica sólida para la formulación de acciones de mejora orientadas a la reducción del desperdicio y la optimización de los parámetros de operación.

Las acciones implementadas —principalmente el ajuste de tiempos de avance y corte— demostraron ser efectivas para reducir el desperdicio de semielaborado en un 50 %, con una disminución estimada de 472.557 kg y un ahorro potencial de \$303.474.423 COP.

La optimización de los parámetros permitió alcanzar una mayor estabilidad del flujo de producto, reducir los ajustes manuales durante los cambios de lote y estandarizar los procedimientos de operación, evidenciando una mejora técnica y económica sustancial. No

obstante, se resalta la importancia de mantener el seguimiento continuo de los indicadores de desempeño para garantizar la sostenibilidad de los resultados alcanzados.

La capacitación técnica del personal operativo y la documentación de los nuevos estándares de avance y corte consolidaron un proceso más estable y repetible, reduciendo la variabilidad entre turnos y fortaleciendo la trazabilidad de los parámetros críticos.

El diseño del formato de capacitación y la implementación de registros formales fortalecieron la cultura de documentación técnica dentro de la planta.

Adicionalmente, la propuesta de automatización mediante flujómetros representa una evolución tecnológica coherente con la estrategia de mejora continua, al proyectar una reducción adicional del desperdicio de hasta un 85 % y garantizar la sostenibilidad del proceso a largo plazo.

La inversión estimada de \$90.000.000 COP se justifica plenamente frente al potencial de ahorro y eficiencia operativa proyectado.

El proceso de evaluación se encuentra en fase de revisión y ajuste manual, orientado a validar la efectividad de los nuevos parámetros establecidos. Aunque los resultados cuantitativos aún están en consolidación, las observaciones iniciales muestran una tendencia positiva en la reducción del desperdicio y una mayor estabilidad del sistema.

Se espera que, con la implementación completa del sistema automatizado, los indicadores de pérdida y eficiencia reflejen una mejora sustancial y sostenida, reduciendo la dependencia de la intervención humana y fortaleciendo la confiabilidad de los procesos de avance y corte.

El desarrollo integral de los cuatro objetivos específicos permitió diagnosticar, intervenir, estandarizar y proyectar la automatización del sistema de avance y corte en la línea NitroHotFill de la planta de bebidas Yumbo.

Los resultados obtenidos demuestran un impacto técnico, operativo y económico altamente significativo, al reducir las pérdidas de semielaborado, optimizar los tiempos de proceso y fortalecer la cultura de mejora continua mediante la capacitación del personal.

La propuesta de automatización con flujómetros consolida el enfoque de sostenibilidad industrial, posicionando el proyecto como una iniciativa estratégica de eficiencia productiva, con beneficios directos en el rendimiento del material, la estabilidad del proceso y la competitividad de la planta.

Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y en las conclusiones derivadas del proceso de análisis, implementación y evaluación de mejoras en las etapas de avance y corte, se proponen las siguientes recomendaciones técnicas y operativas:

Consolidar el sistema de seguimiento y control de parámetros operativos: Se recomienda mantener un monitoreo continuo de los indicadores de eficiencia y desperdicio mediante registros diarios y reportes semanales. Esto permitirá identificar desviaciones oportunamente y asegurar la estabilidad del proceso productivo.

Dar continuidad al proceso de capacitación técnica del personal operativo: Es importante institucionalizar el Programa de Formación Técnica en Control de Avance y Corte como una práctica recurrente, de modo que los nuevos operarios y técnicos mantengan la estandarización alcanzada y comprendan los límites de ajuste definidos.

Implementar la propuesta de automatización del sistema de avance y corte: Una vez aprobado el presupuesto, se sugiere avanzar con la instalación de los flujómetros industriales y la integración del sistema de control automatizado. Esta mejora permitirá alcanzar un nivel superior de precisión, reducir la intervención manual y consolidar los ahorros proyectados.

Fortalecer la documentación técnica y trazabilidad de los procesos: Se recomienda continuar con la actualización de los formatos de control, manuales de operación y registros fotográficos de las condiciones de máquina, asegurando la trazabilidad técnica y el cumplimiento de los estándares definidos por mantenimiento.

Evaluar los resultados del proceso tras el primer ciclo completo de operación: Con el fin de validar el impacto real de los ajustes manuales implementados, se deberá realizar un

análisis comparativo de indicadores de pérdida y eficiencia al término del primer mes de seguimiento, estableciendo una línea base para mediciones futuras.

Promover la integración de indicadores de eficiencia en los tableros de gestión de planta: Se recomienda incorporar los resultados de aprovechamiento de semielaborado y eficiencia de avance y corte dentro del sistema de gestión visual o dashboards de producción, facilitando la toma de decisiones basadas en datos en tiempo real.

Explorar futuras oportunidades de mejora tecnológica: Finalmente, se sugiere evaluar la viabilidad de integrar sensores adicionales o sistemas de control inteligentes que permitan extender la automatización hacia otros puntos críticos del proceso, fortaleciendo la competitividad y la sostenibilidad de la planta.

Referencias Bibliografía

- ANDRES, Y., & RESTREPO CORREA, J. H. (08 de 2010). *Scientia Et Technica*. Obtenido de Scientia Et Technica: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249011.pdf>
- Barraza, M. F. (2007). *Universidad de las Américas Puebla*. Obtenido de El kaizen: la filosofía de mejora continua e innovación incremental detrás de la administración por calidad total: *Ingeniería Industrial*, (25), 85-94.
- COGOLLO, J. & CORREA, A. (2017). *La gestión de la calidad en cadenas de suministro: Desarrollos y tendencias*. Obtenido de Revista Espacios.: <http://revistaespacios.com/a17v38n37/17383716.html>
- García Valiente, M. R. (04 de 2013). *Optimización de procesos de la línea No. 1 de producción de bebidas carbonatadas en envase retornable mediante la eficiencia global de equipos (OEE) en la fábrica de bebidas gaseosas Salvavidas S.A.* Obtenido de Red de repositorios latinoamericanos: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6188/1/TESIS%20AGRONOM%C3%8DA.pdf>
- group, E. i. (05 de 07 de 2022). *Blog especializado en gestión de calidad*. Obtenido de ESG innova group: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2022/07/ciclo-phva-en-iso-9001/>
- Molina Montoya, R. (2013). *Análisis de la pérdida de jarabe terminado en la producción de bebidas carbonatadas con mayor índice de merma en una embotelladora*. Obtenido de Kerwa repositorio: <https://hdl.handle.net/10669/16759>
- Mónica Trías, P. G. (2009). *Las 5 W + H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos*. Obtenido de Laboratorio tecnologico de uruguay : https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=407

- Ohno, T. (1991). *El sistema de producción de Toyota: Más allá de la producción a gran escala* [PDF]. Obtenido de Estrategia Focalizada:
https://www.academia.edu/41968884/EL_SISTEMA_DE_PRODUCCION_TOYOTA_M%C3%A1s_all%C3%A1_de_la_producci%C3%B3n_a_gran_escal
- Ruiz-López, J. F. (2005). *El diagrama de Ishikawa como herramienta para la identificación de causas en los procesos de calidad*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México.: https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf
- SALDAÑA, N. (24 de MARZO de 2011). *GESTIOPOLIS*. Obtenido de GESTIOPOLIS:
<https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tiempos-el-estudio-del-trabajo-para-la-productividad/>
- Suárez-Barraza, M. F. (2007). *Kaizen: una filosofía de mejora continua para las organizaciones*. Universidad de las Américas Puebla.: Ingeniería Industrial, (25), 85-94.
- Suárez-Barraza, M. F.-D. (2008). *Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la mejora continua*. Obtenido de <https://doi.org/10.18002/pec.v0i7.696>
- tutoriales, G. (03 de 03 de 2017). *Gestion de operaciones* . Obtenido de Gestion de operaciones :
<https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>
- yumbo, A. d. (2023). *Alcaldia de yumbo*. Obtenido de Alcaldia de yumbo:
<https://www.yumbo.gov.co/>