



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
VARIABLES EN EL ÁREA DE ENVASADO DE
CERVEZA Y MALTA EN CERVECERÍA
POLAR, PLANTA SAN JOAQUÍN**

Autora: Fabiola Barrios
C.I.: 27.097.244

Urb. Yuma II, calle N° 3, San Diego, Edo Carabobo
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE VARIABLES
EN EL ÁREA DE ENVASADO DE CERVEZA Y MALTA EN
CERVECERÍA POLAR, PLANTA SAN JOAQUÍN**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

Autora: Barrios, Fabiola
C.I. 27.097.244
Tutor: Ing. Ana Avendaño

San Diego, julio de 2018

Disponible en:

<https://drive.google.com/drive/folders/11S9E7LXpGxMp3CFDOIYdj8JCFadsciAD?usp=sharing>



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-I-015-2018-1

Valencia, 30 de Mayo de 2018.

Ciudadana:
Barrios Fabiola
C.I: 27.097.244
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 1-2018 de fecha 30/05/2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado "DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE VARIABLES EN EL ÁREA DE ENVASADO DE CERVEZA Y MALTA EN CERVECERÍA POLAR, PLANTA SAN JOAQUÍN." Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

Se ratifica la designación de la Ing. Ana Avendaño, C.I. 7.187.788 y la Ing. Alicia Yarex de Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Zulay Salcedo
Decana de la Facultad de Ingeniería



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZS/r



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Profesora. Ana Avendaño, portadora de la cédula de identidad N° 7.067.357, hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por la ciudadana: Fabiola Barrios, portadora de la cédula de identidad N° 27.097.244 titulado **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE VARIABLES EN EL ÁREA DE ENVASADO DE CERVEZA Y MALTA EN CERVECERÍA POLAR, PLANTA SAN JOAQUÍN**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, y acepta la tutoría del mencionado Proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes Reglamentos.

En San Diego, a los 23 días del mes de Julio del año dos mil dieciocho.


Firma
Ing. Ana Avendaño
C.I.: 7.187.788

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por estar presente en cada día de mi vida y por bendecir mis pasos durante este camino.

A mis padres y a mi hermana, por ser los mayores pilares en mi vida, por darme la fuerza necesaria para cumplir esta meta con éxito, por brindarme su apoyo y amor incondicional todos los días y principalmente por enseñarme como enfrentar la vida. Sin ustedes no hubiese sido posible, los amo inmensamente.

A mi familia, por ser el tesoro más grande que tengo y por estar siempre presente en cada paso de mi vida.

A mi segunda familia Milagro Rotundo y Oriana Peláez, por su apoyo desde siempre, por la paciencia, por su amor y por cada momento compartido.

A mi tutora académica Ana Avendaño, quien fue la persona que me ayudó durante todo este proceso, por su constante cariño, dedicación y esfuerzo en el desarrollo del presente trabajo de grado.

A mis tutores empresariales Gloria Guevara y Simón Lundberg, por ser las personas que me sirvieron de guía, porque estuvieron para mí en todo momento, por enseñarme lo necesario y por su paciencia y dedicación en cada etapa del proceso.

A Cervecería Polar, Planta San Joaquín, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de desarrollar este proyecto.

A todo el grupo de la Gerencia de Envasado quienes, liderados por el Ing. Laureano Rodríguez, siempre estuvieron dispuestos a brindar sus conocimientos, demostrando ser un equipo de trabajo increíble al brindarme su apoyo constantemente.

A la Universidad José Antonio Páez y a mis profesores, por permitirme desarrollar y cumplir una etapa importante en mi vida.

A los amigos que me dio la universidad durante estos cuatro años de carrera, quienes fueron un grupo excepcional en todo momento.

Con todos ustedes estaré eternamente agradecida.

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE GRÁFICOS	x
INDICE DE CUADROS.....	xi
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del problema	5
1.3 Objetivos de la investigación	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4 Justificación de la investigación.....	6
1.5 Alcance.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación	8
2.2 Bases teóricas	10
2.2.1 Sistema de Control de Variables.....	10
2.2.2 Clasificación de los sistemas de control	11
2.2.3 Herramientas estadísticas.....	12
2.2.4 Indicadores.....	16
2.2.7 Círculo de Deming- Ciclo PDCA	20
2.3 Definición de términos	21

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación	24
3.2 Nivel de investigación	25
3.3 Diseño de la investigación	25
3.4 Población y Muestra.....	26
3.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos	26
3.5 Fases de la investigación	28

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Fase I: Diagnostico de las fuentes de merma del producto presentes en el proceso de envasado de cerveza y malta.	30
4.1.1 Observación directa del proceso de envasado de cerveza y malta en Cervecería Polar, Planta San Joaquín.	30
4.1.2 Análisis de observación directa del proceso de envasado de cerveza y malta.	38
4.1.3 Entrevistas estructuradas realizadas al personal del área de envasado de cerveza y malta.....	39
4.1.4 Revisión Documental.....	44
4.1.5 Fuentes de merma de producto (cerveza y malta) presentes en el proceso de envasado.	47
4.2 Fase 2: Identificar el porcentaje de impacto que tienen las fuentes de pérdida de producto (cerveza y malta) para priorizar sobre el total de la merma.....	49
4.2.1 Volumen de llenado alto o sobre lleno	49
4.2.2 Botellas rechazadas por el inspector de botellas llenas.	56
4.2.3 Sistema de inyección a alta presión o HDE.....	60
4.2.4 Purga de los tubos inyectoros	65
4.2.5 Vaciado del Calderín	72
4.2.6 Priorización de las fuentes de merma de Líquido.....	76

4.3 Fase 3: Implementación de un sistema de monitoreo de las fuentes de merma que permita evidenciar desviaciones y actuar oportunamente con el mínimo esfuerzo y en el menor de los tiempos.....	77
4.3.1 Sistema de monitoreo de las fuentes de merma.....	77
4.4 Fase 4: Evaluación de la relación Costo-Beneficio de la implementación de un sistema de control de variables, con el fin de disminuir el porcentaje de pérdida de producto en envasado.....	96
4.4.1 Estimación de costos.....	97
4.4.2 Estimación de Beneficios.	102
4.4.3 Análisis Beneficio/Costo.	106
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	110

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona de vacío del proceso de envasado de botellas retornables y no retornables de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.	33
Figura 2. Zona de lleno del proceso de envasado de cerveza y malta del proceso de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.	36
Figura 3. Proceso de envasado para botellas no retornables de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.	37
Figura 4. Vista de la transacción ZPMENV del sistema SAP para el cálculo automático del indicador de merma de envasado.	45
Figura 5. Balanza digital ubicada en el Laboratorio de Calidad de Envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.....	50
Figura 6. Rejilla para lavado y secado de las botellas vacías ubicada en el Laboratorio de Calidad de Envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.	51
Figura 7. Proceso de medición de volumen del Laboratorio de Calidad de Envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.	52
Figura 8. Inspector de botellas llenas de la línea 1 con corrida de Maltín Pet 1500 ml de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.....	57
Figura 9. Pantalla del inspector de botellas llenas de la línea 5, llenadora lado lavadora con corrida de Light 222 ml de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.	58
Figura 10. Vista superior del proceso de llenado. En rojo ubicación del sistema HDE.	60
Figura 11. Sistema de inyección a alta presión o sistema HDE.....	61

Figura 12. Proceso de llenado de las llenadoras isobáricas, donde azul es el CO ₂ , amarillo es el producto y verde es el vacío	67
Figura 13. Paso 6 del proceso de llenado de una botella, donde se evidencia la entrada del líquido hacia el tubo inyector.	68
Figura 14. Área en la que ocurre la purga de los tubos inyector.	68
Figura 15. Equipo utilizado para contabilizar la cantidad de mililitros perdidos por purga de los tubos inyector.	69
Figura 16. Área donde se colocó el dispositivo	70
Figura 17. Tubería de producto a la entrada de la llenadora T11.	73
Figura 18. Vista de la transacción OP_MOT_DESV_PM del sistema SAP para ver las líneas afectadas por las fallas externas al proceso.	75
Figura 19. Sistema de inyección a alta presión.	80
Figura 20. Estrella de salida de la llenadora.	93

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicador de merma envasado 2017.....	46
Tabla 2. Tabla Volumen de llenado usada en laboratorio de calidad de envasado.	53
Tabla 3. Cuantificación de la pérdida de líquido por volumen de llenado alto durante Enero- Febrero 2018.....	55
Tabla 4. Límites para el volumen de llenado.	56
Tabla 5. Recolección de los datos de los inspectores de botellas de todas las líneas de envasado durante Enero-Febrero 2018	59
Tabla 6. Recolección de las pruebas de volúmenes con y sin HDE, para contabilizar la cantidad de litros perdidos por botellas en las líneas de producción de botellas no retornables en el área de envasado.....	64
Tabla 7. Resultados de las pruebas realizadas para contabilizar la pérdida por purga de los tubos inyector.....	70
Tabla 8. Cuantificación de la pérdida de líquido por purga de tubos inyector durante Enero- Febrero 2018.....	71
Tabla 9. Cuantificación de la pérdida de líquido por derrame del calderín al momento de los arranques de producción.....	73
Tabla 10. Cuantificación de la pérdida de líquido por derrame del calderín debido a las fallas externas del proceso.....	75
Tabla 11. Parámetros para el sistema de inyección a alta presión o HDE.	79
Tabla 12. Parámetros operativos para el área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.	82

Tabla 13. Base de datos para determinar la desviación estándar y la diferencia de volumen de llenado real y nominal.....	83
Tabla 14. Base de datos de valores obtenidos por los Inspectores de Botellas Llenas	84
Tabla 15. Base de datos de valores obtenidos por las fallas externas al proceso.....	85
Tabla 16. Base de datos para el cálculo de la pérdida por sistema de inyección a alta presión y por purga de los tubos inyectoros.....	86
Tabla 17. Verificación de la cantidad de mililitros perdidos por concepto de HDE...	92
Tabla 18. Precio del dólar durante el 2017 y 2018.....	97
Tabla 19. Sueldo pasante durante Diciembre 2017- Junio 2018.	98
Tabla 20. Costo del total de pruebas destructivas en bolívares.	99
Tabla 21. Costo total en bolívares y dólares de las pruebas destructivas.	99
Tabla 22. Costo de modificación del sistema de HDE del T08.....	100
Tabla 23. Costo de fabricación de dispositivo usado para prueba.....	101
Tabla 24. Costos totales de la implementación en bolívares y dólares.....	101
Tabla 25. Comportamiento del indicador y costos de la merma de líquido durante el periodo 2017.....	102
Tabla 26. Comportamiento del indicador y costos de la merma con la implementación del sistema de control de variables.	103

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Indicador de Merma teórica vs Merma Real en Envasado	5
Gráfico 2 Indicador de Merma de cerveza y malta en el área de Envasado.	46
Gráfico 3. Priorización de las fuentes de merma de líquido en el área de envasado, para el estudio realizado durante Enero-Febrero 2018.....	76
Gráfico 4. Cantidad de litros perdidos por línea por concepto de sobre lleno para el mes de Abril semana 16.....	87
Gráfico 5. Comportamiento de sobre lleno o sub lleno de las llenadoras del área de envaso semana a semana.	88
Gráfico 6. Gráfico de control de la desviación estándar del volumen de llenado.....	89
Gráfico 7. Porcentaje de rechazo de botellas llenas por llenadora.	90
Gráfico 8. Comportamiento del porcentaje de rechazo de botellas llenas por llenadora semana a semana.	91
Gráfico 9. Vaciado de los calderines por fallas eléctricas.....	93
Gráfico 10. Contribución de las fuentes de merma.	94
Gráfico 11. Indicador de merma con la implementación.	104
Gráfico 12. Comportamiento del rechazo del HEUFT con la implementación	104

Gráfico 13. Comportamiento del volumen de llenado alto o sobre lleno con la implementación.	105
Gráfico 14. Comportamiento de tendencia de fallas externas.	105

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Hoja de verificación realizada a través de la observación directa del proceso de envasado de cerveza y malta.	38
Cuadro 2. Entrevistas estructuradas realizadas al personal del área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.	40



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA
CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE VARIABLES
EN EL ÁREA DE ENVASADO DE CERVEZA Y MALTA EN
CERVECERÍA POLAR PLANTA SAN JOAQUÍN**

Autora: Fabiola Barrios

Tutor: Ing. Ana Avendaño

Fecha: Marzo 2018.

RESUMEN

En cervecería Polar Planta San Joaquín, Edo. Carabobo, en el área de envasado, existe una merma de producto de cerveza y malta, la cual se encuentra por encima de lo establecido por el indicador de merma teórica definido por el proceso, lo que ha llevado a la elevación de sus costos en un 60%. Es por esto que el propósito de estudio del presente trabajo especial de grado consiste en el desarrollo e implementación de un sistema de control de variables del proceso, que permita identificar cuáles son las causas de las fuentes de merma que generan el mayor impacto, para realizar las mediciones necesarias por medio de diversas herramientas estadísticas, con el fin de evidenciar desviaciones y garantizar el control de las mismas. La investigación cumple con los lineamientos de investigación de un proyecto factible, con un nivel explicativo-descriptivo y un diseño de campo, por lo cual se utilizarán técnicas como la observación directa, entrevistas estructuradas, diagramas de Pareto y el Circulo de Deming, para comprender mejor la situación actual y desarrollar las mejoras pertinentes, realizando a su vez una relación costo-beneficio para comprobar la factibilidad del proyecto. En el cual se obtiene que, tras haber implementado el sistema, la empresa ha ahorrado 65.000\$ aproximadamente, así como también el indicador de merma de líquido a disminuido en promedio un 16%.

Descriptor: Control de variables, herramientas estadísticas, merma.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación será llevada a cabo en Cervecería Polar Planta San Joaquín, Estado Carabobo, con el propósito de desarrollar un sistema de control de variables, el cuál permita diagnosticar cuáles son las fuentes de pérdida de producto presentes en el proceso de envasado de cerveza y malta, además de las causas que las producen, debido a que se ha notado un incremento en el indicador de merma de líquido, con respecto a lo establecido por el indicador teórica del proceso, razón por la cual los costos han elevado su valor en un alto porcentaje.

Partiendo de lo establecido anteriormente, surge la necesidad de poder identificar, medir y controlar las variables que están alterando el proceso, haciendo uso de herramientas estadísticas y de mejora continua, con la finalidad de poder tomar acciones de manera oportuna, en el menor tiempo posible, garantizando la continuidad de las operaciones y la minimización de los costos.

Para lograr el cumplimiento del objetivo planteado, el trabajo especial de grado se encuentra estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I El Problema: Se describe de manera detallada la situación que se va a estudiar, se formula el problema y se establecen los objetivos generales y específicos que se pretenden alcanzar, así como también, se desarrolla la justificación y el alcance del proyecto.

Capítulo II Marco Teórico: Se organiza y se conceptualiza el estudio, es decir aquí se exponen antecedentes relacionados con el problema y se analizan teorías y herramientas que pueden ser utilizadas.

Capítulo III Marco Metodológico: Se define el tipo de investigación, así como su nivel, diseño y fases, con el fin de presentar los procedimientos, métodos y técnicas con los cuáles se llevará a cabo el proyecto, para alcanzar de manera precisa los objetivos propuestos anteriormente.

Capítulo IV Resultados: Se presenta el desarrollo de las fases planteadas en el capítulo anterior, con el propósito de cumplir con el objetivo general del proyecto definido en el capítulo I, garantizando de esta forma la obtención de resultados que demuestren los beneficios alcanzados.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En el evolucionado y globalizado mundo industrial de la actualidad, la eficiencia ha dejado de ser una ventaja competitiva y se ha convertido en una necesidad básica de todas aquellas empresas que desean no solo crecer en el mercado, sino simple y llanamente subsistir en él. Es común ver como empresas que se han mantenido desarrollando al pie de la letra todas sus actividades y procesos del mismo modo durante muchos años, han perdido participación en el mercado, en comparación con aquellas empresas que se mantienen en la búsqueda de la mejora continua de sus procesos e implementando cada vez con una mayor frecuencia sistemas de control más acuciosos para los mismos. Esta situación se hace más real y factible en aquellas empresas que operan en países que están atravesando fuertes crisis económicas.

Actualmente, Venezuela atraviesa una grave situación económica que afecta a todos sus habitantes, independientemente de su clase social. A su vez, a nivel empresarial, la obtención de divisas para la producción industrial se ha convertido en un proceso de gran dificultad. Esto hace imperativo para todas las empresas, el ser altamente eficientes en cada uno de sus procesos de manufactura, sobre todo en aquellos cuya materia prima y equipos de trabajo son importados, ya que de esta forma será factible adicionalmente la reducción de costos y el mantener precios competitivos en el mercado.

Cervecería Polar Planta San Joaquín, no escapa de la necesidad de obtención de divisas para la continuidad de su proceso productivo, ya que una parte muy importante de su materia prima proviene específicamente de los países nórdicos como es el caso de la cebada.

Por lo que resulta esencial garantizar la optimización del uso de los recursos en las diversas áreas que componen dicho proceso productivo, estas se pueden dividir a

gran escala en: recepción de materia prima, elaboración, en donde ocurre la preparación del producto, ya sea cerveza o malta y por último envasado, en donde se lleva a cabo tal como su nombre lo indica, el envasado del producto en las botellas, obteniendo de esta forma el producto terminado.

El proceso de envasado en Cervecería Polar, Planta San Joaquín se lleva a cabo en líneas de producción de botellas retornables y no retornables, los equipos que las integran pueden variar de acuerdo con las presentaciones del producto a envasar, a pesar de esto sus principales equipos son: Despaletizadoras, desembaladoras, lavadoras, inspectores (los cuales pueden ser de botellas vacías, botellas llenas, etiquetas o cajas), llenadoras, pasteurizadores, embaladoras y paletizadoras. Una vez identificados los principales equipos, es importante resaltar que su proceso medular es el de llenado, ya que aquí es donde se encuentran las llenadoras, las cuales tienen el mecanismo más costoso debido a su complejo funcionamiento, por otra parte, estas vienen a ser el único equipo que entra en contacto directo con el producto. Además, de las llenadoras depende la productividad y calidad de una línea de envasado, pues estas definen la rapidez de la misma, así como el funcionamiento y operatividad de los equipos que la preceden y anteceden, por ser la maquina más lenta al trabajar a una velocidad de 1000 bot/min.

En el área de envasado existe una merma aceptada por el proceso, la cual no se ha estado logrando actualmente, esto se puede apreciar en el grafico 1, donde se muestra durante el primer trimestre del ejercicio 2017-2018 el comportamiento del indicador de la merma teórica contra la merma real que se está generando en el proceso. Esta situación ha llevado a que se eleven los costos de la empresa, ya que durante este tiempo lleva un acumulado de 1.360MMBsF, debido a la cantidad de litros de producto de cerveza y malta perdidos, cuando en realidad si se estuviese logrando lo establecido por el indicador de merma teórica del proceso, se debería tener acumulado un total de 720MMBsF, demostrando de esta forma la necesidad de atacar la problemática en cuestión, puesto que el lograr disminuir el porcentaje de merma representaría un ahorro aproximado de 640MM BsF para la empresa durante dicho periodo de tiempo.

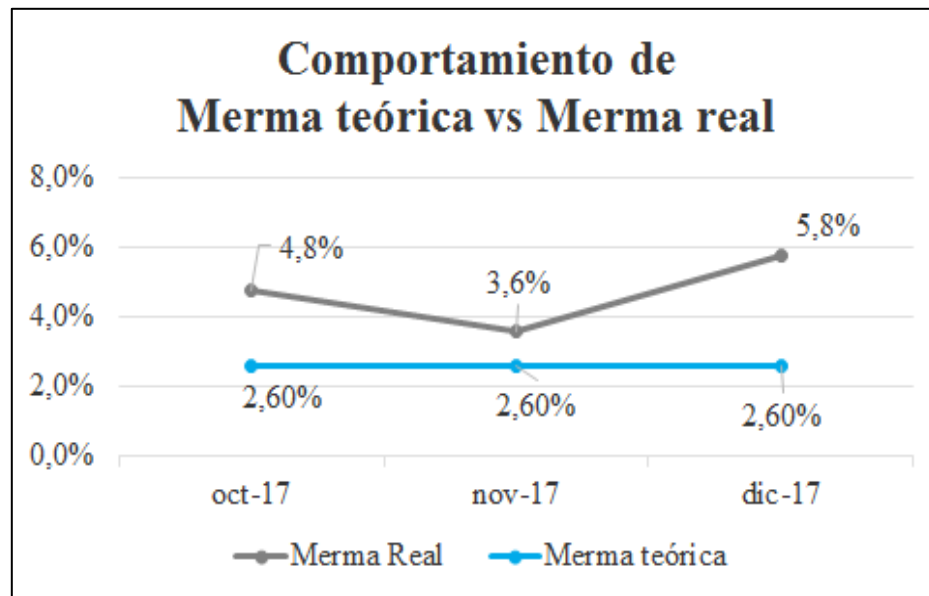


Gráfico 1. Indicador de Merma teórica vs Merma Real en Envasado

Fuente: Barrios, F (2018)

Por lo tanto, Cervecería Polar Planta San Joaquín se ha planteado como meta determinar las fuentes que generan la mayor pérdida de producto con el fin de poder cuantificar dicha pérdida, ya que existe gran incertidumbre de donde proviene la merma que se está generando. A partir de esto se podrán determinar oportunidades de optimización de costos y de rentabilidad, que permitirán la continuidad operativa de la empresa. Por otra parte, es importante resaltar que los valores que alimentan la gráfica 1 fueron brindados por la empresa

1.2 Formulación del problema

¿Cómo se podría disminuir la pérdida de cerveza y malta en el proceso de envasado en Cervecería Polar Planta San Joaquín para apuntar a la merma teórica?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema de control de variables en el área de envasado de cerveza y malta en Cervecería Polar Planta San Joaquín para la disminución de la pérdida del producto.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar cuáles son las fuentes de merma de producto presentes en el proceso de envasado de cerveza y malta.
- Identificar el porcentaje de impacto que tienen las fuentes de pérdida de Producto (cerveza y malta) para priorizar sobre el total de la merma.
- Implementar un sistema de monitoreo de las fuentes de merma que permita evidenciar desviaciones y actuar oportunamente con el mínimo esfuerzo y en el menor tiempo.
- Evaluar la relación Costo-Beneficio para la implementación de un sistema de control de variables, con el fin de disminuir el porcentaje de pérdida de producto en envasado.

1.4 Justificación de la investigación

Toda empresa que desee mantener sus operaciones en una economía tan difícil como la que está presentando Venezuela actualmente, debe dirigir todos sus esfuerzos a la disminución de pérdidas en el proceso productivo. Es por esto que resulta tan importante para Cervecería Polar, Planta San Joaquín el desarrollo de un sistema de control de variables en el área de envasado de cerveza y malta, ya que de esta forma se pueden detectar los puntos críticos de generación de merma, además de las causas que los generan, con el fin de poder cuantificar dicha pérdida.

Puesto que tal como se mostró en el gráfico 1, existe una diferencia del 2,14% en promedio entre el porcentaje de merma teórica y el real, esto genera gran incertidumbre y la necesidad de conocer las causas que producen ese nivel tan elevado de pérdida de producto de cerveza y malta, debido a que el poder determinarlo y cuantificarlo garantizará la optimización de los recursos y a su vez se generarán las acciones necesarias que permitirán el ahorro respectivo de la materia prima, la cual representa el 40% del costo del producto, por lo tanto atacar las causas que crean dicha diferencia en el indicador de merma garantizaría el mantener la continuidad en sus operaciones y

la rentabilidad de las mismas, así como un control de las variables que intervienen en el proceso, persiguiendo de esta forma la mejora continua.

1.5 Alcance

La presente investigación será llevada a cabo en el área de Envasado de Cervecería Polar Planta San Joaquín, en esta se pretende identificar las fuentes que generan la merma de líquido para poder cuantificar dicha pérdida y de esta forma conocer de dónde viene y que variables intervienen en las mismas para poder disminuirla. A su vez se pretende desarrollar la implementación de un sistema de control y monitoreo de las fuentes de merma, así como de las variables que intervienen en la pérdida del producto, para de esta forma disminuir la merma del líquido de cerveza y malta, su indicador y por lo tanto sus costos.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

En este capítulo se pretende desarrollar el sustento teórico de la investigación, con el objetivo de fortalecer el desarrollo metodológico de la misma. Debido a esto se analizaron varios trabajos investigativos previamente realizados relacionados al tema de estudio, con el propósito de poder analizar y comparar la manera en la que se analizó el problema anteriormente. Por otra parte, se definirán términos que serán empleados a lo largo de la investigación.

2.1 Antecedentes de la investigación

Dentro de los antecedentes que brindarán los aportes necesarios para el desarrollo del trabajo especial de grado, se tienen los siguientes:

De Sousa, K (2013) realizó un trabajo de grado, para optar por el título de ingeniero industrial, denominado **Evaluación y Propuesta de reducción de desperdicio de producción de cigarrillos en Cigarrera Bigott**, presentado en la Universidad Simón Bolívar. El trabajo se enfocó en el análisis, evaluación, y propuesta de mejoras en el área de desperdicios de materiales productivos del Departamento de Manufactura Secundaria C.A. Cigarrera Bigott, Sucs, cuyo objetivo principal fue evaluar el proceso completo de los materiales inherentes a la producción de los cigarrillos, desde su recepción por parte del proveedor, manejo de almacenes y su utilización en los módulos de producción, con la finalidad de identificar las áreas que producen pérdidas para la empresa y proponer mejoras para la reducción del desperdicio generado. Finalmente, el autor concluyó, que tras haber identificado por medio de herramientas de ingeniería industrial las causas que generaban el desperdicio de los insumos, se logró la reducción del impacto económico producido por los mismos.

El aporte que esta investigación brinda a la presente está relacionado directamente con las herramientas de mejora que se pretenden aplicar, ya que se

presenta la manera en la que el autor pudo a través de la utilización del Diagrama de Pareto, priorizar las fuentes causantes de desperdicios en la empresa, con el propósito de garantizar la reducción de los costos. Además, establece un monitoreo de dichas fuentes por medio de un Sistema de Control de variables, a través del cual se puede identificar el comportamiento de las mismas, con el propósito de controlar su evolución.

A su vez, Casanova, C (2014) presentó su trabajo de grado llamado **Diseño de un modelo de gestión que permita medir y controlar la pérdida de material de empaque para reducir los costos de fabricación en línea no retornable 1 de C.A Cervecería Regional**, con la finalidad de optar por el título de ingeniero industrial en la Universidad José Antonio Páez. Dicha investigación se enmarcó en definir, estudiar y mejorar aspectos del sistema operacional (entrada, proceso y salida) bajo los lineamientos del proveedor, así como en facilitar controles y mediciones orientados en mejorar los índices de productividad con la aplicación de algunas herramientas vinculadas a la calidad, tal como el Círculo de Deming y el World Class Manufacturing. Basado en este estudio el autor concluyó que se generó mayor control y enfoque en la disminución del desperdicio y se facilitó la publicación y divulgación oportuna de los índices de pérdida en periodos cortos, lo que se traduce como el aumento de los índices de productividad, ya que se hace más fácil la toma de decisiones y se consigue levantar el compromiso entre todas las personas involucradas en el proceso.

De acuerdo a la investigación anterior, se considera que la contribución que esta realiza a la presente, está directamente relacionada con el uso de las herramientas de calidad, como es el caso de los diagramas de Pareto, histogramas y Círculo de Deming, ya que se evidencia la importancia de implementar un sistema de control de variables, puesto que al tener claro cuáles son las variables que afectan a las fuentes de merma del proceso, se puede trabajar en el control y medición de las mismas con el propósito de realizar seguimientos y mejoras en pro de disminuir los costos de producción, lo que conlleva a la obtención de procesos normalizados y controlados.

Seguidamente se tiene a Vásquez, R (2016), quien desarrollo su trabajo de grado denominado **Propuesta de mejora para la reducción de productos defectuosos en una planta de producción de neumáticos aplicando la metodología Six Sigma**, para optar por el título de ingeniero industrial en la Pontificada Universidad Católica del Perú. El autor se centró en un sistema de mejora para la reducción de sus costos de producción en base a la eficiencia y eficacia de sus procesos productivos, reduciendo o eliminando todo aquello que no genere valor al proceso. El autor concluyó que haciendo uso de la herramienta Six Sigma se logró establecer un proceso claro, estructurado y ordenado para la identificación de las oportunidades de mejora del mismo, por lo que se consiguió cumplir con el objetivo de reducir la cantidad de cauchos defectuosos, así como la identificación de diversas fuentes que generaban perdida en el proceso. Así como también se aplicaron herramientas de mejora continua, como es el caso de la DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), la cual brinda un soporte para poder obtener un entendimiento más claro del proceso y de esta forma encontrar las causas raíces para eliminar o minimizar los problemas.

La investigación expuesta contribuye en el diagnóstico de la situación actual del proceso de la presente investigación, ya que hacen uso de herramientas de mejora continua, que permiten que sea más sencillo el análisis del mismo, para poder determinar en dónde se encuentran las posibles fuentes de merma y cuáles son sus causas más relevantes, es decir, estas permiten reducir las variaciones y los niveles de defectos en el proceso, ya que se pueden identificar los desperdicios presentes y de esta manera poder realizar las mediciones necesarias para su control, con la finalidad de poder atacarlos, garantizar la minimización del indicador de merma y por lo tanto la reducción de los costos de producción.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sistema de Control de Variables

Para comprender en que consiste un sistema de control de variables, resulta necesario definir cada término, de la manera en que se muestra a continuación:

De acuerdo con Pérez, D (2008) un sistema “es un módulo ordenado de elementos con entradas y salidas, que se encuentran interrelacionados y que interactúan entre sí, en función de un objetivo, con el propósito de alcanzar los resultados esperados”.

Según el mismo autor, por control se entiende como la “función fundamental de la ingeniería cuyo mayor propósito es medir, evaluar y corregir las operaciones del proceso, maquina o sistema bajo condiciones dinámicas para lograr los objetivos deseados dentro de las especificaciones de costo y seguridad”. El control en otras palabras es un proceso por medio del cual se modifica algún aspecto de un sistema para que se alcance el desempeño deseado en el mismo.

Para continuar con el mismo orden de ideas, se tiene que las variables son según Gardey, A (2008) “aquello que varía o que está sujeto a algún tipo de cambio”, estas respecto a los sistemas de control pueden ser controladas, es decir la cantidad o condición que se mide y controla, normalmente a la salida del sistema, o pueden ser manipuladas, es decir aquella que se modifica con el fin de influir sobre la variable controlada.

De esta forma podemos definir a un sistema de control de variables como el conjunto de procesos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con la finalidad de poder minimizar las probabilidades de fallo, observar y detectar desviaciones, así como para medir el desempeño y por lo tanto obtener resultados teóricamente verdaderos, en función a los objetivos previamente fijados por los responsables, los cuales deben ser relevantes para el propósito de la empresa.

2.2.2 Clasificación de los sistemas de control

Una vez definido que son los sistemas de control de variable, tenemos que estos los podemos clasificar según su comportamiento y medición, de acuerdo a lo establecido por Ortega, E (2012) en los siguientes:

Control: La selección de las entradas del sistema se hacen de manera tal, que las salidas cambien de acuerdo a la forma deseada, para esto se deben considerar factores

de control como lo son la cantidad, tiempo, costos y calidad. Además, deben cumplir con lo siguiente:

- Existe para comprobar el logro de los objetivos que se establecen en la planeación.
- Controlar y cuantificar los resultados por medio de la medición.
- Descubrir las diferencias que se presentan entre la ejecución y la planeación.
- Establecer medidas correctivas, para prever errores y ser capaces de corregirlos.

Controlador: Dispositivo electrónico que desafía la capacidad de los seres humanos para ejercer el control.

Supervisión: Es aquel que se ejecuta por el acto de observar las tareas o trabajo de otro (individuo o máquina) que puede no conocer el tema en profundidad.

Proceso: El cual se divide a la vez en, una operación o desarrollo natural, marcado por una serie de cambios graduales que suceden uno al otro en una forma relativamente fija y que guían a un resultado determinado, o también puede ser una operación artificial progresiva que consiste en una serie de acciones o movimientos controlados, los cuales se encuentran sistemáticamente dirigidos a un propósito o resultado determinado.

2.2.3 Herramientas estadísticas

2.2.3.1 Diagrama de Pareto

Según Sales, M (2002) con el Diagrama de Pareto:

Se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto, en cual establece que hay muchos problemas sin importancia frente a unos graves, ya que, por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

De acuerdo con Núñez, A (2010) el Diagrama de Pareto “es un gráfico especial de barras, cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tienen como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes”.

Al considerar lo expuesto por los autores anteriores, se tiene que el diagrama de Pareto o la Regla del 80/20, es una herramienta de análisis de datos de gran importancia y ampliamente utilizada en diferentes áreas, debido a que permite detectar la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas, discriminando entre las causas más importantes del mismo (es decir los pocos y vitales) y las que no lo son (los muchos y triviales).

El diagrama de Pareto lo podemos utilizar para: analizar las causas de un proceso, estudiar los resultados, planear mejoras continuas, para rpriorizar y para demostrar los progresos que se han conseguido tras haber identificado las causas y actuado sobre ellas.

Por otra parte, es importante dar a conocer los pasos necesarios para construir un diagrama de Pareto, según lo mencionado autores:

1. Seleccionar los datos que se van a analizar, así como el periodo de tiempo al que se refieren dichos datos.
2. Determinar los problemas, causas o categorías, de acuerdo con un criterio determinado.
3. Tabular todos los datos, empezando por la categoría que contenga más elementos y siguiendo en orden descendente, para luego calcular la frecuencia absoluta, frecuencia acumulada, frecuencia relativa unitaria y frecuencia relativa acumulada.
4. Trazar los ejes horizontales y verticales. En el eje horizontal se trazan las barras que hacen referencia a las causas de mayor a menor, en el eje vertical izquierdo se coloca la frecuencia con la que se presentó cada causa en determinado periodo, por último, en el eje vertical derecho se anota el porcentaje acumulativo, comenzando del 0% al 100%
5. Trazar la gráfica lineal del porcentaje acumulado, comenzando en la barra de la categoría más alta.
6. Añadir la información básica, es decir, dar título al gráfico, agregar las fechas de cuando los datos fueron tomados y citar la fuente de los datos.

7. Realizar los análisis necesarios para determinar cuáles son los pocos y vitales.

2.2.3.2.1 Beneficios y utilidades del diagrama de Pareto

- Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas, por lo que ayuda a priorizar y a señalar la importancia de cada una de las áreas de oportunidad.
- Se puede aplicar en situaciones en donde se puede efectuar una mejora, en cualquiera de los componentes de la calidad del producto o servicio.
- Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras y ser resueltas.
- Permite las comparaciones entre antes y después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones tomadas para lograr mejoras.
- Determina cuál es la causa grave de un problema, separándola de otras presentes, pero menos importantes.
- Comunica fácilmente las conclusiones sobre las causas, efectos y los diversos costes de los errores.

2.2.3.2 Histogramas

Según la Universidad de Champagnat (2002), un Histograma es un “resumen gráfico de la variación de un conjunto de datos, cuya naturaleza permite ver pautas que son difíciles de observar en una simple tabla numérica”. De esta forma se tiene que la función de los histogramas es la de exponer gráficamente números, variables y cifras de modo tal que los resultados se visualicen más clara y ordenadamente.

Es importante resaltar que para un histograma existen dos tipos de informaciones básicas, la frecuencia de los valores, las cuales son representadas en el eje vertical; y los valores en sí, ubicados en el eje horizontal representando los valores de cada una de las variables. Dichas variables pueden ser continuas, es decir aquellas capaces de representar un número real, o pueden ser variables discretas, las cuales pueden adoptar un valor entero.

Para poder construir un histograma, de acuerdo con el autor mencionando anteriormente, se deben seguir los siguientes cinco pasos:

Paso 1: Determinar el rango de los datos, siendo este igual a la diferencia entre el dato mayor y el menor.

Paso 2: Obtener el número de clases, normalmente se recomiendan entre cinco y quince clases, dependiendo de cómo estén los datos y cuántos sean. El criterio mayormente usado es que el número de clases debe ser aproximadamente la raíz cuadrada del número de datos.

Paso 3: Establecer la longitud de clases, es decir el cociente entre el rango y el número de clases.

Paso 4: Construir los intervalos de clases, los cuales resultan de la división entre el rango y el número de clases.

Paso 5: Graficar el histograma, para esto se debe realizar un gráfico de barras, donde las bases son los intervalos de clases y la altura viene representada por la frecuencia de las clases. En caso de que se quiera obtener el polígono de frecuencia, se deben unir los puntos medios de la base superior de los rectángulos.

La razón por la que se trabaja con histogramas es por lo versátil que son, ya que brindan una gran variedad de beneficios a la hora de la toma de decisiones con base en la representación de los datos, muestran información de interés general, analizan rendimientos de procesos, identifican y clasifican la pauta de variación y evidencian cambios ante intervenciones, es decir muestran el antes y el después de un proceso, basándose en los conocimientos generales y en la observación.

2.2.3.3 Gráficos de Control

De acuerdo con Gehisy, M (2017) un gráfico de control es una “herramienta utilizada para distinguir las variaciones debidas a causas asignables o especiales a partir de las variaciones aleatorias inherentes al proceso”. El autor define las variaciones aleatorias como “aquellas que se repiten dentro de los límites predecibles” y a las

causas asignables o especiales como “las que establecen la necesidad de identificar, investigar y poner bajo control algunos factores que afecten al proceso”.

La construcción de gráficos de control está basada en la estadística matemática, estos emplean datos de operación para establecer límites dentro de los cuales se espera hacer observaciones futuras, si el proceso demuestra no haber sido afectado por causas asignables o especiales. Los pasos para construir un gráfico de control son los siguientes:

Paso 1: Elegir una característica de estudio. Debe medir las variables que queremos controlar.

Paso 2: Tomar los datos. Se debe recoger los valores durante un periodo de tiempo suficiente, que permita obtener una visión representativa del desarrollo del proceso.

Paso 3: Introducir los datos en la hoja de cálculo, para calcular el límite superior (mayor valor aceptado por el proceso), límite inferior (valor más pequeño que se acepta en el proceso) y el límite central (mientras más cerca estén los puntos a la línea, más estable será el proceso).

Paso 4: Representar los datos en la gráfica y estudiar si el funcionamiento es correcto, ya que, si la variabilidad es demasiado alta, habría que estudiar las causas para afinar los resultados.

Paso 5: Repetir el estudio cada cierto tiempo para comprobar su funcionamiento.

La importancia de los gráficos de control radica en que estos permiten determinar el estado de control de un proceso, diagnosticar el comportamiento de un proceso en el tiempo, indicar si un proceso ha mejorado o empeorado y para detectar problemas, en pocas palabras sirve para diagnosticar, controlar y confirmar los cambios y mejoras de algún proceso.

2.2.4 Indicadores

Según Bauer (1996) “los indicadores son series estadísticas o cualquier forma de identificación que nos facilita estudiar dónde estamos y hacia dónde nos dirigimos con

respecto a determinados objetivos y metas, así como para evaluar programas específicos y evaluar su impacto.” En otros términos, los indicadores son medidas verificables de cambio o resultado, diseñadas para contar con un estándar contra el cual evaluar, estimar o demostrar el progreso con respecto a metas establecidas.

Al tomar en cuenta lo establecido por Mondragón, A (2002). ¿Qué son los indicadores? *Revista de información y análisis*, 19 (1), 52-58, se tiene que los indicadores deben cumplir con las siguientes características:

- Estar inscritos en un marco teórico o conceptual, que le permita asociarse firmemente con el evento al que el investigador pretenda dar forma.
- Ser específicos, es decir, estar vinculados con los fenómenos económicos, sociales, culturales o de otra naturaleza sobre los que se pretenda actuar, por lo anterior expuesto, se debe contar con metas y objetivos claros, para poder evaluar que tan cerca o lejos nos encontramos de los mismos y proceder a la toma de decisiones necesarias. Deben mostrarse especificando la meta u objetivo a que se vinculan o la política a la que se pretende dar seguimiento, para cumplirlas se recomienda que los indicadores sean pocos.
- Ser explícitos, de tal forma que su nombre sea suficiente para entender si se trata de un valor absoluto o relativo, de una tasa, una razón, un índice, entre otros.
- Estar disponibles para varios años, con el fin de que se pueda observar el comportamiento del fenómeno a través del tiempo, así como para diferentes regiones y/o unidades administrativas. La comparabilidad es un insumo que permite fomentar el desarrollo social o económico de acuerdo con lo que tenemos respecto a los demás o a otros momentos.
- Ser claro, de fácil comprensión para las personas involucradas en su manejo, de forma que no haya duda o confusión acerca de su significado, y deber ser aceptado, por lo general, como expresión del fenómeno a ser medido. Para cada indicador debe existir una definición, fórmula de cálculo y datos meta necesarios para su mejor entendimiento y socialización. Es por esto, que es de gran

importancia que indicador sea confiable, exacto en cuanto a su metodología de cálculo y consistente, permitiendo expresar el mismo mensaje o producir la misma conclusión si la medición es llevada a cabo con diferentes herramientas, por distintas personas, en similares circunstancias.

- Que la recolección de la información permita construir el mismo indicador de la misma manera y bajo condiciones similares, año tras año, de modo que las comparaciones sean válidas.
- Técnicamente debe ser sólido, es decir válido, confiable y comparable, así como factible, en términos de que su medición tenga un costo razonable.
- Se debe considerar el costo-beneficio del tiempo y los recursos necesarios para su construcción, por lo que, de preferencia debe ser medible a partir del acervo de datos disponibles.

2.2.4.1 Atribuciones científicas de los indicadores

De acuerdo con Cambón, A (2015), los indicadores cumplen con los siguientes atributos:

- Validez, ya que debe medir realmente lo que se supone debe medir.
- Confiabilidad, las mediciones repetidas por distintos observadores deben dar como resultado valores similares del mismo indicador.
- Sensibilidad, deber ser capaz de captar cambios.
- Especificidad, apto para reflejar sólo cambios ocurridos en determinada situación.
- Disponibilidad, los datos básicos para la construcción del indicador deben ser de fácil obtención sin restricciones de ningún tipo.
- Simplicidad, el indicador deber ser de fácil elaboración.
- Exactitud, es decir, debe tener la capacidad de reflejar la proximidad de la medida obtenida al verdadero valor.
- Factibilidad, que sea posible en términos de tiempo, recursos humanos, financieros, entre otros.

- Relevancia o pertinencia, que sea capaz de reflejar el contexto socioeconómico y cultural en donde se va a aplicar.

A su vez, el autor establece que todo indicador requiere cumplir con los atributos mencionados para de esta manera poder satisfacer lo siguiente: comunicar la estrategia, comunicar las metas, identificar problemas y oportunidades, diagnosticar problemas, entender procesos, definir responsabilidades, mejorar el control de la empresa, identificar iniciativas y acciones necesarias, medir comportamientos, facilitar la delegación en las personas e integrar la compensación con la actuación.

2.2.4.2 Tipos de indicadores

En el contexto de orientación hacia los procesos de producción, un indicador puede ser clasificado de la siguiente forma (Sánchez, 2013), tal como se presenta a continuación:

1. Indicadores de cumplimiento: Con base en que el cumplimiento tiene que ver con la conclusión de una tarea. Los indicadores de cumplimiento están relacionados con las razones que indican el grado de consecución de tareas o trabajos.
2. Indicadores de evaluación: La evaluación tiene que ver con el rendimiento que se obtienen de una tarea, trabajo o proceso. Los indicadores de evaluación están relacionados con las razones o métodos que ayudan a identificar nuestras fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.
3. Indicadores de eficiencia: Teniendo en cuenta que la eficiencia tiene que ver con la actitud y capacidad para llevar a cabo un trabajo, actividad o proceso con la cantidad mínima de recursos. Los indicadores de eficiencia están relacionados con las razones que indican los recursos invertidos en la consecución de tareas.
4. Indicadores de eficacia: Resaltando que el término eficaz tiene que ver con hacer efectivo un intento o propósito. Los indicadores de eficacia están

relacionados con las razones que indican capacidad o acierto en el cumplimiento de trabajos.

5. Indicadores de gestión: Los indicadores de gestión están relacionados con las razones que permiten administrar realmente un proceso, para poder hacer realidad las tareas o trabajos planificados.

2.2.7 Círculo de Deming- Ciclo PDCA

El ciclo PDCA es la sistemática más usada para implementar un sistema de mejora continua cuyo principal objetivo es la autoevaluación, destacando los puntos fuertes que hay que tratar de mantener y las áreas de mejora en las que se deberá actuar. El método tal como lo plantea Deming en su obra cumbre *Calidad, Productividad y Competitividad (La Salida de la Crisis)* (1986) “es un procedimiento que busca dos objetivos: lograr la mejora de cualquier proceso y descubrir una causa especial que haya sido detectada por una señal estadística.

El Ciclo Deming lo componen cuatro etapas cíclicas, de tal forma que una vez acabada la etapa final se debe volver a la primera y repetir el ciclo nuevamente, es decir la rueda siempre debe estar en movimiento y cada uno de los pasos alimenta al siguiente, de manera tal que sea más sencillo avanzar y más natural, esto con el propósito de que las actividades sean reevaluadas periódicamente para incorporar nuevas mejoras. Estas etapas son las siguientes:

Plan (planificar): En esta fase se trabaja en la identificación del problema o actividades susceptibles de mejora, se establecen los objetivos a alcanzar, se fijan los indicadores de control y se definen los métodos o herramientas para conseguir los objetivos establecidos.

Do (hacer): Aquí se lleva a cabo lo planeado, siguiendo lo estipulado por el punto anterior, cumpliendo con los pasos en el mismo orden y proporción, mediante la correcta realización de las tareas planificadas, la aplicación controlada del plan, la verificación y la obtención del feedback necesario para el posterior análisis.

Check (comprobar/ verificar): Una vez implantada la mejora se comprueban los logros obtenidos en relación a las metas u objetivos que se marcaron en la primera fase del ciclo mediante herramientas de control (diagrama Pareto, check lists). Para evitar subjetividades es conveniente definir previamente cuáles van a ser las herramientas de control y los criterios para decidir si la prueba ha funcionado o no.

Act (actuar): Tras haber compartido el resultado obtenido con el objetivo marcado inicialmente, es el momento de realizar acciones correctivas y preventivas que permitan mejorar los puntos o áreas de mejora, así como extender y aprovechar los aprendizajes y experiencias adquiridas a otros casos y estandarizar y consolidar metodologías efectivas.

2.3 Definición de términos

Activeplant: Proporciona un conjunto de herramientas de análisis de datos de nivel mundial para operaciones de fabricación, que permiten a las empresas obtener los datos críticos necesarios para ejecutar una empresa rentable. A través de su sólida plataforma, transforma los datos de las operaciones de fabricación en vistas accionables y configurables, informes e indicadores de rendimiento clave definido por el usuario.

Atemperar: Para el caso del presente trabajo de grado, la palabra atemperar quiere decir, igualar o regular la temperatura de las botellas a la salida de la llenadora (5°C aproximadamente) con la temperatura ambiente.

Bulk de botellas: Bultos de botellas vacías y nuevas de los diferentes SKU que se envasan en el área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, las cuales se encuentran agrupadas en paletas.

Casilleros: Son las cajas en las que se embalan las botellas, estas son conocidas comúnmente como vacíos de botellas.

Desperdicio: Toda actividad de un proceso que agrega costo pero no valor, esto debido a una mala utilización de los recursos, por lo que se puede trabar sobre este para hacer una buena utilización de los mismos.

Flujo Laminar: Es el flujo con el cual se realiza el proceso de llenado de las botellas en las líneas de envasado de Cervecería Polar, Plan San Joaquín. Este es llamado flujo laminar debido a que en este el movimiento del fluido (en este caso cerveza o malta) ocurre de manera ordenada, estratificada y suave, evitando de esta forma que se espume el líquido y se corra el riesgo de que la botella salga rebosada hacia la taponadora.

HDE: Son las siglas en alemán de HochDruckEinspritzung, lo que significa inyección a alta presión y hacen referencia al sistema que se encarga de perturbar las botellas con una pequeña cantidad de agua, para de esta forma despeplazar el oxígeno presente en el Head Space de la botella.

Head Space: Espacio de aire que hay desde el punto final del nivel de volumen de llenado hasta el pico de la botella.

Heuft: Es la marca de los Inspectores de Botellas llenas presentes en las líneas de envasado de Cervecería Polar, estos son equipos eficientes y fiables, capaces de detectar fallos de nivel de llenado, tapa y presencia de cánula. Combina todas las funciones necesarias en un equipo para obtener un producto de la más alta calidad con una eficiencia óptima de la línea. Detecta nivel de llenado de productos líquidos y en polvo, analiza un gran número de características de etiqueta y tapa; y asegura que los envases defectuosos son rechazados como una tarea propia del equipo de inspección de envases llenos. Además, este equipo se encarga del monitoreo del proceso completo de llenado y realiza estadística de la producción para poder analizar la eficiencia de la línea.

Inspección: Tiene lugar cuando un objeto es examinado para ser identificado o para verificar su conformidad de acuerdo a estándares establecidos de calidad o cantidad.

Merma: Pérdida que se genera constante debido a la condición natural del proceso y/o el diseño de las máquinas utilizadas.

Pirograbado: Técnica que consiste en grabar dibujos o palabras sobre madera o vidrio con un instrumento de metal incandescente.

SAP: Programa informático de gestión empresarial, que permite planificar y gestionar los recursos de todas las áreas de la empresa, desde logística a contabilidad, pasando por el departamento comercial y de marketing, finanzas, producción, gestión de proyectos, de calidad, mantenimiento o dirección y administración general.

SKU: Diferentes tipos de productos que se envasan en Cervecería Polar Planta San Joaquín, ya sea cerveza o malta, es decir, Pilsen, Light, ICE, Zero, Solera, Solera light, Solera Black, Solera Märzen, Solera IPA, Solera ALT, Maltín y Maltín Light, en cualquiera de sus presentaciones, siendo estas 222ml, 330ml, 355ml para cerveza, 300ml para las Soleras y 222ml, 250ml y 1500ml Pet para Maltín o Maltín Ligh.

Sobre lleno: Cantidad de mililitros que están por encima del establecido por el volumen nominal.

Sub lleno: Cantidad de mililitros que están por debajo del establecido por el volumen nominal.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En el desarrollo del marco metodológico, se hace referencia al “conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (Arias, 2006, p.16).

El propósito del presente trabajo de grado consiste en la implementación de un sistema de control de variables en el área de envasado de cerveza y malta de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, para detectar las fuentes de merma de líquido que están alterando el indicador teórico establecido por el proceso. En este orden de ideas y haciendo foco en dicho propósito, se presentan a continuación el tipo, diseño, nivel y fases metodológicas de la investigación, los cuales definirán las herramientas a utilizar para poder llevar a cabo el objetivo planteado, garantizando la continuidad operativa, optimización de los recursos y la minimización de los costos.

3.1 Tipo de investigación

Este proyecto se realizará bajo la modalidad de un proyecto factible el cual, según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, UPEL (1998) se define como un estudio que “consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales”. De este mismo modo según la Universidad Simón Rodríguez (1980) se considera que un proyecto factible “está orientado a resolver un problema planteado o a satisfacer las necesidades en una institución”.

Definido esto, la razón por la cual la presente investigación se trata de un proyecto factible es porque este tendrá un propósito de utilización inmediata destinado a atender necesidades específicas, a partir de un diagnóstico de las fuentes de merma de producto presentes en el área de envasado, para de esta forma llevar un control y monitoreo de las mismas, con el fin de poder evaluar desviaciones del proceso y por lo tanto minimizar el indicador y reducir costos.

3.2 Nivel de investigación

De acuerdo con Morales, V (1994) una investigación explicativa es “aquella que está dirigida a tener un conocimiento general o aproximado de la realidad”, por otro lado, según el mismo autor, una investigación descriptiva es “un método científico que implica observar y describir el comportamiento de un sujeto para tratar de obtener información acerca de del mismo, sin influir sobre él de ninguna manera”.

La presente investigación tiene un nivel explicativo-descriptivo debido a que se busca explicar cuáles son las causas de la pérdida de producto durante el proceso de envasado de cerveza y malta y que es lo más relevante que influye en el mismo, con el fin de comprender mejor el fenómeno involucrado y de lograr medir y controlar las variables que intervienen en el proceso.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de investigación se refiere a la estrategia que adopta el investigador para responder el problema planteado en el estudio. Según los autores Palella, S y Martins, F (2010) la investigación de campo “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, con el fin de estudiar los fenómenos involucrados en su ambiente”.

Arias, F (2012) define a la investigación de campo como “aquella que consiste en la recolecta de datos de donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variables, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes” de allí su carácter de investigación no experimental, la cual según Palella, S y Martins, F (2010) “es la que se realiza sin manipular de forma deliberada ninguna variable, se observan los hechos tal y como se muestran en su contexto real para luego analizarlos”.

Tomando en cuenta lo anterior expuesto, el presente trabajo especial de grado se califica como una investigación de campo no experimental, debido a que se deberá observar las variables que influyen en el proceso de envasado de cerveza y malta, para determinar cuáles son las causas y su comportamiento; y poder en función de esto

garantizar el logro de los objetivos planteados, es decir la implementación de un sistema de control de variables, para de esta manera solucionar el problema ilustrado, el cual consiste en la disminución de la pérdida de producto.

3.4 Población y Muestra

Tamayo y Tamayo, (1997) establecen que “la población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (p.114), en otras palabras, la población es un conjunto de individuos de la misma clase, limitada por el estudio. De esta forma para el presente trabajo especial de grado, la población está conformada por toda Cervecería Polar Planta San Joaquín, Estado Carabobo.

Del mismo modo, de acuerdo con los autores previamente citados, la muestra “es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico” (p.38), esta permite determinar la problemática, ya que tiene la capacidad de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro del proceso. En base a esto, la muestra estará conformada por el grupo de personas involucradas en el proceso de envasado de cerveza y malta, quienes brindarán la información necesaria y apoyarán en la recolección de datos, así como también los equipos, maquinarias y productos no conformes presentes en el mismo.

3.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Arias, F (2006) define las técnicas de investigación como las que “constituyen el camino hacia el logro de los objetivos planteados para resolver el problema que se investiga”, es decir, son las distintas maneras, formas o procedimientos utilizados por el investigador para recopilar u obtener los datos o la información que se requiere. En el mismo orden de ideas, Sabino (2000) establece que los instrumentos de investigación “son los recursos de que puede valerse el investigador para acercarse a los problemas y fenómenos, para extraer de ellos la información sobre un problema determinado”.

Las técnicas e instrumentos que servirán para el cumplimiento de objetivos en el presente trabajo especial de grado son las siguientes:

- Observación directa: Este es un método de recolección de datos que consiste en observar al objeto de estudio dentro de una situación particular. Esto se hace sin intervenir ni alterar el ambiente en el que el objeto se desenvuelve. En el caso de la presente investigación, la observación directa se aplicará en el área de envasado y filtración de producto, con el fin de detectar cuales son las fuentes de merma presentes en los mismos, en busca de poder observar, analizar y detectar las variables relevantes para controlarlo y de esta forma apuntar al indicador estándar establecido por el proceso.
- Herramientas estadísticas: Para el levantamiento, análisis e interpretación de datos y de esta manera observar las causas que afectan al proceso, con el fin de implementar posibles soluciones dirigidas a la problemática, garantizando un control sobre las mimas.
- Entrevista estructurada: Esta se basa en una serie de preguntas predeterminadas e invariables que deben responder las personas de los distintos departamentos del área de envasado. Estas permitirán hablar con las personas involucradas con el área de envasado de cerveza y malta, para poder entender de una manera detallada el proceso productivo y comprender las posibles causas que generan la pérdida del producto.
- SAP y Activplant: Información sistemática de la empresa referida a los niveles de producción, fallas reportadas en las líneas, comportamiento del indicador de merma de producto, costos generados en el proceso y otra serie de datos que son relevantes y agregan valor a la investigación.
- Datos secundarios internos: Recolección de datos y tablas provenientes de Cervecería Polar Planta San Joaquín, esto hace referencia a los estudios y evaluaciones anteriormente realizadas en el área de envasado referente a las

fuentes de pérdida de líquido, con la finalidad de obtener las herramientas adecuadas según las necesidades presentes.

- Datos Secundarios externos: Tal como es el caso de los libros de texto o en línea, manuales y otros trabajos de grados, con el objetivo de obtener información que sirva de ayuda para el desarrollo del sistema de control de variables.

3.5 Fases de la investigación

Fase 1: Diagnóstico de las fuentes de merma del producto presentes en el proceso de envasado de cerveza y malta.

Por medio de la aplicación de los siguientes instrumentos de recolección de datos, como lo son la observación directa, la aplicación de entrevistas no estructuradas y la recolección de datos secundarios internos de la empresa a través del sistema SAP, se procede a realizar el diagnóstico de la problemática, la cual radica en la minimización de la pérdida de cerveza y malta en el área de envasado, para poder de esta forma comprender todos los procesos involucrados directa o indirectamente y así detectar cuales son las principales causas de las fuentes de merma presentes en el proceso, con la finalidad de tener una visión de la situación actual de la empresa.

Fase 2: Identificación del porcentaje de impacto que tienen las fuentes de pérdida de producto (cerveza y malta) para priorizar sobre el total de la merma.

Tras haber realizado el diagnóstico de la situación actual y una vez identificadas las principales fuentes de merma, se procede a realizar la recolección de datos por medio de la realización de pruebas de volumen de llenado, así como también a través de la recolección de información estadística brindada por los inspectores de botellas llenas o por información obtenida desde Activplant o SAP referente a los niveles de producción, a las fallas que influyen en la generación de pérdida del producto y al comportamiento del indicador del mismo, con el objetivo de poder analizar y medir el impacto que generan estas sobre el total de la merma. Para esto será necesario la aplicación de herramientas estadísticas como es el caso del diagrama de Pareto, ya

que de esta forma se podrá priorizar y atacar las causas que generan la mayor pérdida de cerveza o malta, con el propósito de optimizar la utilización de los recursos.

Fase 3: Implementación de un sistema de monitoreo de las fuentes de merma que permita evidenciar desviaciones y actuar oportunamente con el mínimo esfuerzo y en el menor de los tiempos.

Se realiza el diseño del sistema de control de variables, desarrollando un sistema de medición, recolección y control de los puntos causantes de la pérdida del producto en el área de filtración y envasado de Cervecería Polar Planta san Joaquín, con el apoyo de la herramienta de mejora continua el Circulo de Deming, la cual a su vez se basará en la utilización de datos que brinda el sistema SAP, Activplant y las diferentes herramientas estadísticas que permitirán evaluar el comportamiento de las fuentes semana a semana, con la finalidad de poder tomar decisiones oportunamente con el mínimo esfuerzo y en el menor de los tiempos, garantizando la continuidad operativa y por lo tanto la reducción de los costos.

Fase 4: Evaluación de la relación Costo-Beneficio para la implementación de un sistema de control de variables, con el fin de disminuir el porcentaje de pérdida de producto en envasado.

En esta fase se evaluará la relación Costo-Beneficio del sistema de control de variables causantes de la merma de producto, tomando en cuenta todos los costos asociados con el fin de compararlos con los beneficios tangibles e intangibles que esta genere como resultado de su aplicación, considerando el factor humano y los recursos materiales involucrados.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

En este capítulo se desarrollan las fases de la investigación planteadas anteriormente, con la finalidad de cumplir con el objetivo general de la misma, el cual consiste en desarrollar un sistema de control de variables en el área de envasado de cerveza y malta para garantizar la disminución de la pérdida del producto.

4.1 Fase I: Diagnostico de las fuentes de merma del producto presentes en el proceso de envasado de cerveza y malta.

Para poder realizar el diagnóstico de la situación actual del proceso de envasado de cerveza y malta en Cervecería Polar, Planta San Joaquín se hizo uso de la observación directa, ya que de esta forma se describe y analizan las posibles fuentes de merma de líquido presentes en el proceso. A su vez se realizaron entrevistas estructuradas con el propósito de conocer el punto de vista de los gerentes, superintendentes, supervisores y operarios acerca de las causas que generan la pérdida del producto, de esta misma forma se analizaron datos secundarios internos de la empresa en donde se estudia el comportamiento del indicador de merma de cerveza y malta, así como ciertas variables que influyen en la pérdida de dicho líquido.

4.1.1 Observación directa del proceso de envasado de cerveza y malta en Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

El área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín cuenta con quince líneas de producción, de las cuales trece están activas actualmente. En estas se envasan todos sus productos, es decir, Light, Pilsen, ICE, Solera, Solera Light, Märzen, Black, ALT, IPA, Zero, Maltín y Maltín Light, en sus diferentes presentaciones, ya sea 222ml, 300ml, 330ml o 355ml para cerveza y 250ml, 222ml o Pet 1500ml para malta.

Es necesario resaltar que diez de sus líneas de producción realizan el proceso de envasado en botellas retornables, otras dos lo hacen en botellas no retornables y una de ellas lo hace en botellas Pet, únicamente para Malta en su presentación de 1500ml. Para

describir el proceso que realizan cada una de las líneas de envasado es necesario dividirlo en dos partes, es decir en la zona de vacío, que es donde ocurre principalmente el lavado de las botellas y en la zona de lleno en donde se lleva a cabo el proceso de llenado de las mismas. A continuación, se dan a conocer cada uno de los procesos involucrados en dichas zonas:

Zona de vacío:

En esta zona el proceso de producción varía un poco dependiendo de si se trata de botellas retornables o no retornables, ya que su diferencia principal radica en la manera en la que se hace la recepción de insumos, ya que en el caso de las botellas no retornables se encuentran en bulks de botellas nuevas, mientras que las retornables se encuentran en los casilleros. Para lograr diferenciar los procesos, a medida en que se describe el mismo se resaltan las diferencias presentes en el mismo, con respecto a cada tipo de botella.

Recepción de insumos: Es aquí donde ocurre la recepción de las botellas vacías. Estas pueden venir en casilleros agrupados en paletas, como es el caso de las botellas retornables, los cuales son extraídos por montacargas desde las gandolas hasta las despaletizadoras o pueden ser bulks de botellas nuevas, en el caso de las botellas no retornables o pet, donde de igual forma están agrupadas en paletas y son trasladadas por montacargas hasta las despaletizadoras.

Despaletizadoras: Los casilleros o vacíos recibidos en el caso de las botellas retornables son separados de las paletas con ayuda de una maquina con brazos mecánicos, conocida como despaletizadora, la cual descarga camada por camada los casilleros contenidos en cada paleta y los distribuye en las vías transportadoras para su posterior traslado hacia la desembaladora. Para los bulks de botellas no retornables, el brazo mecánico empuja las botellas camada por camada hacia las vías transportadoras, las cuales las dirigen hasta el Rinser de botellas, en donde se les hace un enjuague con agua para eliminar cualquier partícula que se pueda encontrar en ellas justo antes de ser llenadas. Luego las paletas vacías son llevadas hasta el arrumador de paletas, para ser usadas posteriormente en la paletizadora.

Desembaladora: Aquí se separa a las botellas de los casilleros o cajas. Esta máquina cuenta con un sistema neumático que se encarga de tomar por succión las botellas sucias contenidas en cada casillero y las coloca en la mesa transportadora quien las guiará hasta la lavadora de botellas, mientras tanto simultáneamente los casilleros continúan por otra vía transportadora hasta el volteador de cajas y la lavadora de cajas.

Volteador y lavadora de cajas: Este proceso ocurre paralelamente al lavado de botellas. En este, se deben voltear los casilleros para evitar que se quede en ellos cualquier partícula extraña y posteriormente son lavadas con agua para eliminar manchas o residuos que puedan contener.

Lavadora de botellas: En este equipo las botellas son enjuagadas con soda cáustica a una temperatura de 80°C, luego se enjuagan nuevamente con agua pura previamente tratada, con el fin de eliminar impurezas y poder garantizar de esta forma que las botellas se encuentren perfectamente limpias, microbiológicamente estéril y aptas para ser llenadas dentro de los parámetros de calidad.

Inspector de Botellas Vacías o IBV (Linatronics): Aquí se inspeccionan las botellas provenientes de la lavadora una a una, con el propósito de garantizar que las botellas cuentan con las condiciones adecuadas para ser llenadas, si estas no cumplen con los estándares de calidad son rechazadas y expulsadas del proceso. Estos inspectores se encargan de verificar que estas no contengan ningún tipo de residuo interno ya sea en el fondo de las botellas o en sus paredes, así como la ausencia de líquido y picos rotos. Además, realiza una inspección del pirograbado y del tamaño de la botella, por lo que es capaz de detectar aquellas botellas diferentes al SKU que se está produciendo en el momento, así como botellas de la competencia, desviándolas de la línea de producción. Una vez inspeccionadas son trasladadas en hileras por medio de vías de transporte hacia las llenadoras.

En la figura 1, mostrada a continuación, se puede apreciar la secuencia de los equipos de la zona de vacío de las líneas de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, en la cual se resaltan si se trata aquellos que corresponden al proceso de botellas retornables o no retornables.

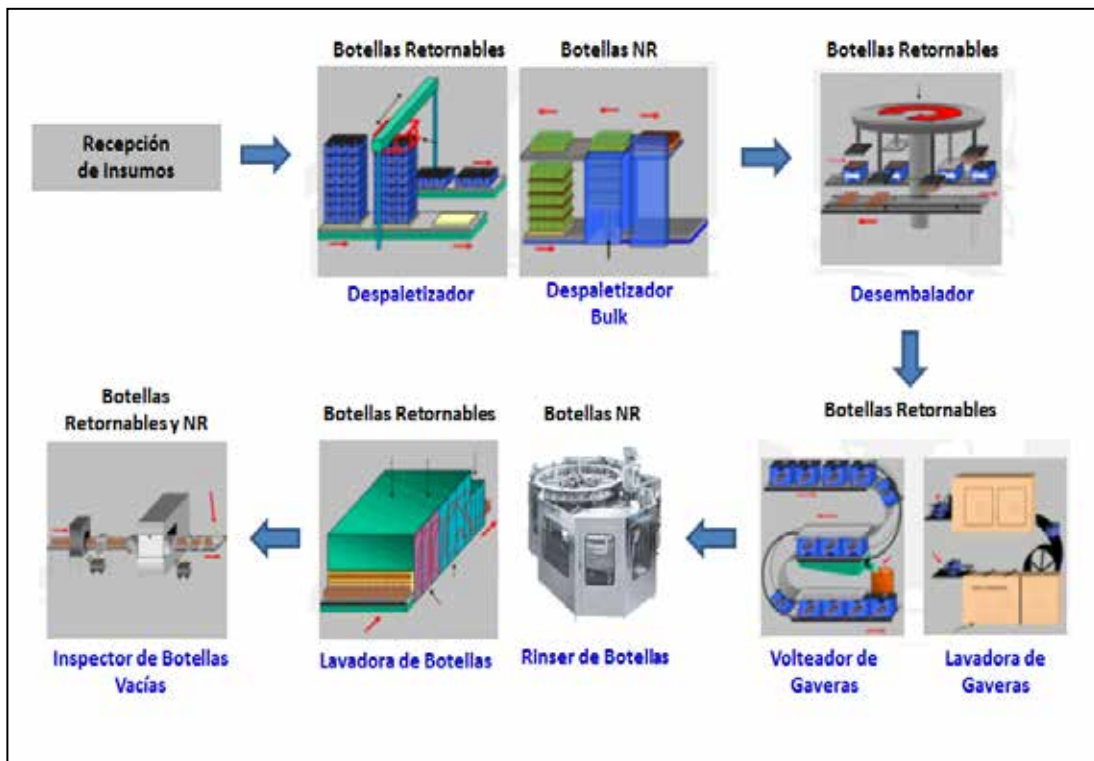


Figura 1. Zona de vacío del proceso de envasado de botellas retornables y no retornables de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Fuente: Barrios, F (2018)

Zona de lleno:

El proceso de producción que se lleva a cabo en la zona de lleno es el mismo para cada una de las líneas ya sean de botellas retornables o no retornables, por lo que las posibles fuentes de merma de cerveza y malta que se detecten estarán presentes en todas las líneas.

Llenadora y Taponadora: Estos son equipos giratorios que tienen forma similar a la de un carrusel, cuyo proceso consiste en eliminar la cantidad de aire y oxígeno que contiene la botella realizando primeramente una evacuación o vacío, seguido de un barrido con CO₂, un segundo vacío y continuando con una presurización igualando la presión de la botella a la presión que tiene el calderín, ya que estas son máquinas de funcionamiento isobárico y solo cuando se igualan estas presiones es cuando se llevará a cabo el llenado de la botella mediante un con flujo laminar, ya sea con cerveza o con

malta a través de un tubo inyector hasta alcanzar el nivel adecuado dependiendo del SKU. Posteriormente se despresuriza la botella para que esta pueda ser trasladada hasta la taponadora, en este momento la botella entra en contacto con el aire del ambiente, por lo que se le realiza una perturbación de HDE (Sistema de inyección a alta presión), lo cual, no es más que inyectarle una cantidad de agua que equivale a la mitad de una gota, con el propósito de desplazar el oxígeno acumulado en el head space por medio del espumado que se genera (lo que produce que una cantidad de producto se derrame y salga de la botella), es importante resaltar que el HDE solo se aplica para el caso de la cerveza debido a que esta es más susceptible al oxígeno pudiendo ocasionar alteraciones químicas del producto, finalmente la botella llega a la taponadora donde es tapada herméticamente y trasladada hasta los inspectores de botellas llenas. Por otra parte, una vez que la llenadora libera la botella para que esta se dirija hacia la taponadora, el tubo inyector realiza una purga justo antes de tomar la próxima botella vacía para comenzar nuevamente con el proceso de llenado, en donde se puede observar la pérdida del producto.

Es importante resaltar que el proceso de llenado ocurre a una velocidad de 1000bot/min garantizando su estabilidad en todo momento, además la temperatura a la que tiene que estar el líquido al momento de hacer el llenado debe ser menor o igual a 2°C, ya que a altas temperaturas se pueden producir derrames del producto.

Inspector de botellas llenas (Heuft): Este equipo se encarga de verificar cada botella llena que proviene de la llenadora, expulsando del proceso aquellas botellas que cumplen con alguna de las siguientes condiciones, un nivel de llenado por debajo de lo permitido, botellas sin tapas y presencia de residuos metálicos dentro de la botella, esto en caso de que se caiga un tubo inyector. Es necesario destacar que el porcentaje de rechazo permitido por el proceso no debe ser mayor a 0,15% lo que se entiende como tres botellas rechazadas por cada 2000 botellas producidas, por otra parte, cada botella rechazada por el inspector es considerada como merma ya que esta no puede regresar al proceso.

Pasteurizador: Una vez inspeccionadas las botellas llenas, se someten a un proceso de pausterización, el cual permite destruir cualquier bacteria o microorganismo que esté presente en el producto, elevando su temperatura hasta 60°C y luego bajándola hasta la temperatura ambiente, sin necesidad de alterarlo químicamente.

De esta manera se garantiza al cliente un producto microbiológicamente impecable. El proceso se lleva a cabo con un equipo conocido como pasteurizador, el cual tiene forma de túnel y cuenta con duchas internas, encargadas de rociar agua al producto, para de esta forma generar la transferencia de calor y hacer pasar las botellas a través de las zonas de precalentamiento, calentamiento, mantenimiento y preenfriamiento, en donde se alcanzarán las unidades de pausterización necesarias (UPs). Una vez terminado el proceso de pausterización las botellas continúan en la vía de transporte hasta las etiquetadoras, en el caso de que el requerimiento de la presentación del SKU lo amerite, o hacia las embaladoras, si se trata de botellas con pirograbados.

Etiquetadora: Se trata de un equipo que al igual que las llenadoras es una maquina giratoria en forma de carrusel, la cual se encarga de adherir con pega las etiquetas identificativas del producto, esto de acuerdo con los requerimientos de su presentación, ya que hay ciertos SKU que poseen un pirograbado en lugar de etiquetas.

Embaladora: El principio de funcionamiento de este equipo es igual al de las desembaladoras, solo que estos realizan el proceso al revés, es decir, aquí se introducen nuevamente las botellas en los casilleros previamente lavados en grupos de 24 o 36 botellas, dependiendo de la presentación. Seguidamente se pasan los casilleros ya llenos por el inspector de cajas.

Es importante mencionar que, para el caso de las botellas no retornables, estas no son embaladas en los casilleros, sino que en su lugar estas pasan por un embalador, el cual se encarga separar y ordenar las botellas, armando grupos de 24 botellas que son colocadas sobre unas bandejas de cartón, para luego ser envueltas con un material termoencogible. De esta forma se cumple la función de los casilleros y pueden continuar el proceso hacia la paletizadora.

Inspector de cajas: Este equipo se encarga de garantizar que cada casillero salga con la cantidad asignada de botellas, en el caso de que falte alguna, el casillero es expulsado del proceso para que el operador a cargo complete las botellas faltantes y pueda incluirlo nuevamente en la línea para que continúe su recorrido hacia la paletizadora.

Paletizadora: Aquí es donde se organizan los casilleros listos en camadas y son colocados en paletas, para luego ser trasladadas al almacén de producto terminado con ayuda de los montacargas. En el caso de las botellas no retornables una vez armadas las paletas, deben pasar por una envolvedora la cual se encarga de recubrirlas con un plástico para evitar que se caigan y para de esta forma protegerlas del polvo y agua.

En la figura 2 se observan los equipos en común tanto para botellas retornables como no retornables utilizados en la zona de lleno de las líneas de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín

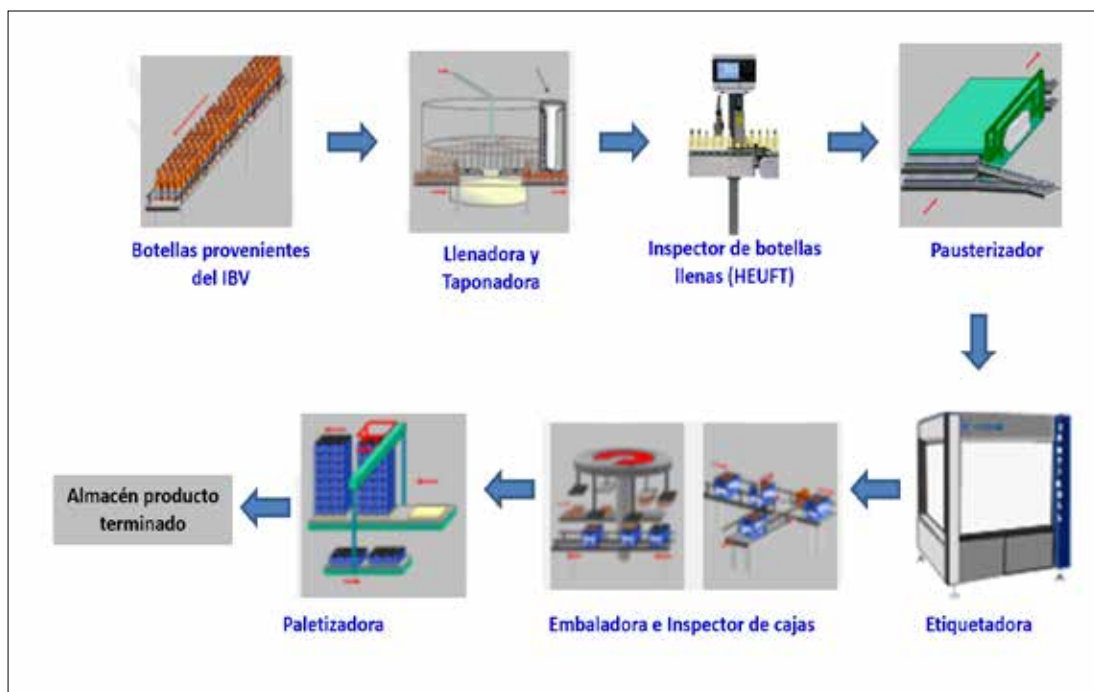


Figura 2. Zona de lleno del proceso de envasado de cerveza y malta del proceso de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Fuente: Barrios, F (2018)

En la figura 3 se puede observar la secuencia del proceso de envasado de cerveza y malta de cervecería Polar, Planta San Joaquín para el caso de las botellas retornables, destacando que, de sus trece líneas activas, diez realizan este proceso.

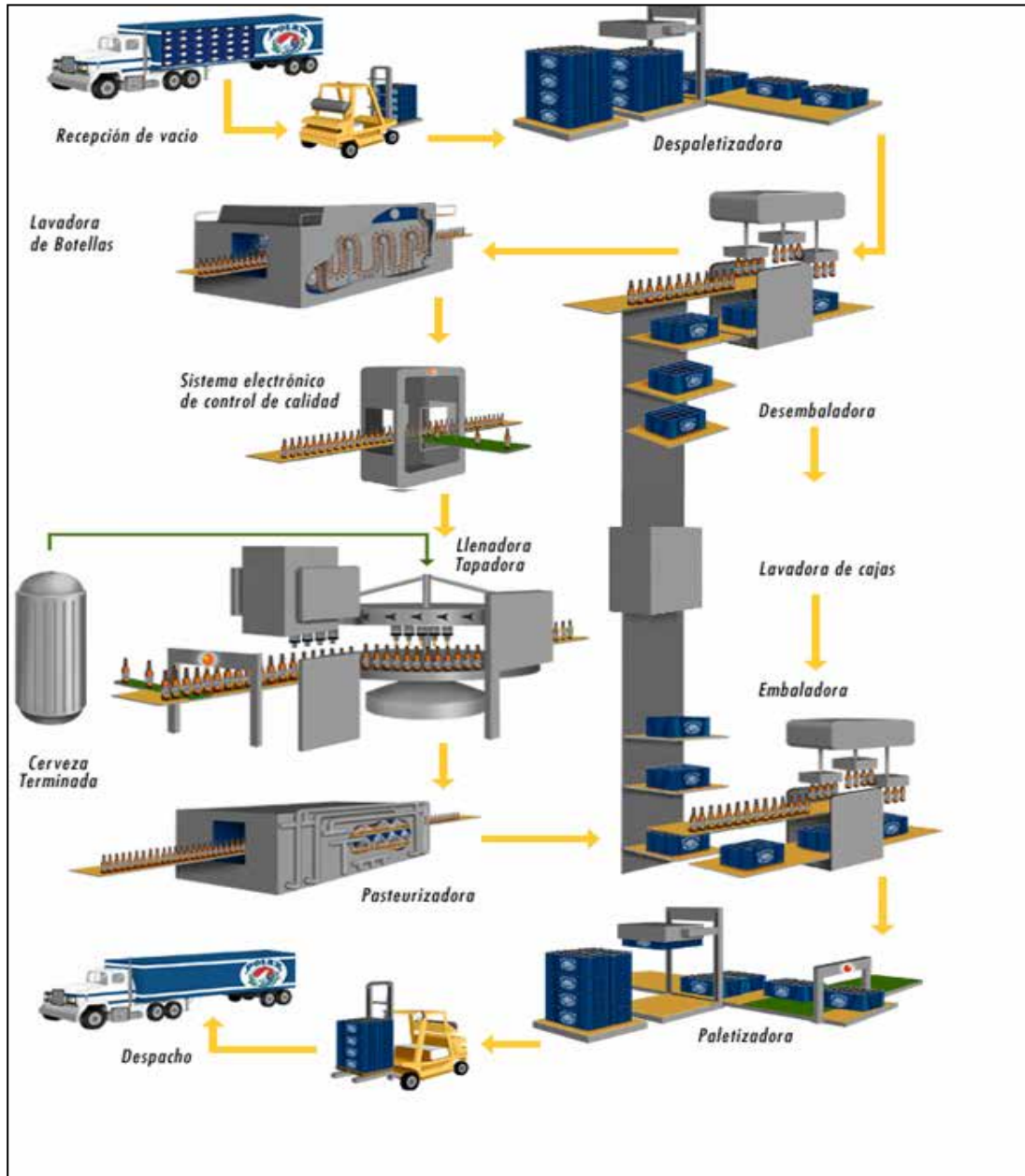


Figura 3. Proceso de envasado para botellas no retornables de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

4.1.2 Análisis de observación directa del proceso de envasado de cerveza y malta.

Tras haber llevado a cabo una observación directa del proceso de envasado de cerveza y malta, se procede a realizar el análisis de las posibles debilidades presentes en el mismo, las cuales pudiesen considerarse como fuente o causa principal de la pérdida del producto. Para esto se hace uso de una hoja de verificación mostrada a continuación:

Cuadro 1. Hoja de verificación realizada a través de la observación directa del proceso de envasado de cerveza y malta.

Ítems	Aspectos Observados	Frecuencia	
		Alta	Baja
1	Explosión de botellas dentro de las llenadoras, durante su proceso de llenado.		X
2	Explosión de botellas en la taponadora.		X
3	Botellas con mucha agitación al momento en el que salen de la llenadora hacia la taponadora.	X	
4	Rebose de las botellas por el sistema de inyección de alta presión (HDE)	X	
5	Vaciado de los calderines de producto (cerveza o malta) durante los turnos de producción.		X
6	Rechazo elevado de botellas mal llenas o mal tapadas, realizado por el inspector.	X	
7	Caída de botellas en las vías de transporte una vez que estas se encuentran llenas.		X
8	Dispersión del volumen de llenado.	X	
9	Caída de paletas de botellas llenas.		X
10	Pérdida por purga de los tubos inyectoros de las llenadoras	X	
11	Vaciado del calderín por fallas es servicios	X	

Fuente: Barrios, F (2018)

Con el cuadro mostrado anteriormente se señalan una serie de aspectos destacados durante el proceso de observación directa, los cuales se encuentran clasificados de acuerdo con la frecuencia con la que ocurrían los mismos, ya sea alta o baja, de esta manera se resaltan los puntos a los que se les debe hacer foco, considerando principalmente aquellos identificados como alta frecuencia, pues es aquí donde se evidencia la mayor pérdida del producto, como es el caso de las botellas con mucha agitación a la salida de la llenadora, esto debido al juego entre las estrellas de manejo o al sistema de alta presión (HDE); el rechazo elevado de las botellas mal llenas o sin tapas, observado por la gran cantidad de botellas encontradas en la mesa de rechazo y por el porcentaje elevado de los inspectores (HEUFT); así como la alta dispersión del volumen de llenado, punto por el cual se pierde el producto ya sea porque se sub llena o sobre llena la botella. Por otra parte, cada vez que ocurre una falla de los servicios del calderín de la llenadora, se observa como esta derrama todo su producto. Por último se pudo observar la purga de tubos inyectores representa una pérdida constante durante el proceso.

4.1.3 Entrevistas estructuradas realizadas al personal del área de envasado de cerveza y malta.

Para poder tener otro punto de vista acerca de las causas de pérdida de cerveza y malta en el proceso de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, se realizaron entrevistas estructuradas a diferentes personas involucradas en el proceso, tanto de la gerencia de envasado como al personal de operaciones, con la finalidad de poder detectar las principales fuentes de merma de líquido que se encuentran presentes durante el envasado del producto y a su vez considerar aquellas posibles recomendaciones para controlar la pérdida de cerveza y malta en el proceso. En el cuadro 2, anexo a continuación se encuentran las respuestas más comunes obtenidas por el personal de envasado que fue entrevistado.

Cuadro 2.Entrevistas estructuradas realizadas al personal del área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Cargo	¿Por qué se genera la pérdida de Líquido (Cerveza y Malta) en las líneas de envasado?	¿De qué manera se puede controlar la pérdida del líquido en envasado?
Gerente de Envasado	<p>No se tienen identificadas las posibles fuentes de merma, por lo que no se cuenta con parámetros operativos para poder controlarlas.</p> <p>No se tiene cuantificado cuánto es el impacto en costo de la merma de líquido, con respecto a los costos de los mantenimientos que se realizan para eliminar las fallas generadoras de la pérdida del producto.</p>	<p>Detectar las fuentes de merma de líquido y verificar que tanto se puede disminuir el porcentaje de la pérdida, para poder apuntar las variables a un porcentaje de pérdida menor y así garantizar un mejor rendimiento.</p>
Superintendencia de Operaciones	<p>Durante los arranques de producción, donde en ocasiones se evidencia el derrame de la cerveza o malta, ya que el producto es empujado por las tuberías con agua (lo que genera una mezcla) y los llenadores desconocen el punto en el cual, el producto ya no está mezclado con el agua.</p>	<p>Concientizar a los llenadores, que son quienes pasan toda su jornada laboral con el equipo, para que entiendan la importancia de disminuir la pérdida del producto.</p>

Cuadro 3.Entrevistas estructuradas realizadas al personal del área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín. (Continuación)

Cargo	¿Por qué se genera la pérdida de Líquido (Cerveza y Malta) en las líneas de envasado?	¿De qué manera se puede controlar la pérdida del líquido en envasado?
	Al momento en el que hay fallas eléctricas, debido a que se caen los servicios de las llenadoras y se debe vaciar todo el producto contenido en el calderín.	Así como retomar y recalcar el ABC de operaciones, para que todos sepan cómo reaccionar al momento de presentar una falla en las llenadoras que puedan generar el vaciado del calderín.
	En las paradas no programadas de las llenadoras, puesto que el producto se calienta y los llenadores toman la decisión de vaciar el calderín, para evitar el derrame al momento de envasar el líquido en las botellas, antes de cambiar los parámetros de la llenadora y así evitar la pérdida del producto.	
Superintendencia de Planificación	Por desconocimiento del impacto que tiene la pérdida del producto en el área de envasado.	Cuantificar en minutos las pérdidas de producto, para tener un control exacto de las operaciones.
	Por desestimación de la magnitud de la pérdida, ya que no se tiene contabilizado cuanto se pierde y en dónde ocurre dicha merma de cerveza y malta.	Involucrar a los llenadores con el tema de la merma de producto, ya que son ellos quienes pasan mayor tiempo con la máquina.

Cuadro 4.Entrevistas estructuradas realizadas al personal del área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín. (Continuación)

Cargo	¿Por qué se genera la pérdida de Líquido (Cerveza y Malta) en las líneas de envasado?	¿De qué manera se puede controlar la pérdida del líquido en envasado?
	Por falta de divulgación de cuáles son los focos en los que se produce la pérdida del producto.	Hacer mayor énfasis en el ABC de las operaciones de llenado del producto.
Especialista de llenadoras	Por condiciones propias del proceso de llenado, como es el caso de la inyección de HDE (puesto que en teoría, de acuerdo con el manual de fabricantes de las llenadoras, este sistema genera una pérdida de 1.5ml/bot), por purga de los tubos inyectoros, extracto en la bomba de vacío (esto debido al desgaste de los fuelles de purga y de vacío, que permiten el paso de la cerveza hasta la bomba), por preparación de la llenadora al momento del arranque, por condiciones de sobre lleno o mal lleno (causado en ocasiones por fallas de mantenimiento en las llenadoras), así como por paradas prolongadas no programadas de la máquina.	Haciendo los mantenimientos necesarios asociados a los puntos que me generan la pérdida del producto (válvulas, manejos, platos de transferencia), ya sea por sobre lleno, mal lleno o por gran dispersión al momento de llenado.
		Haciendo seguimiento a las variables operativas de las llenadoras.
		Resaltar el ABC de operaciones de las llenadoras.

Cuadro 5.Entrevistas estructuradas realizadas al personal del área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín. (Continuación)

Cargo	¿Por qué se genera la pérdida de Líquido (Cerveza y Malta) en las líneas de envasado?	¿De qué manera se puede controlar la pérdida del líquido en envasado?
Operadores (Llenadores)	Debido a fallas de mantenimiento de las llenadoras, las cuales pueden generar mal lleno y aumentar el porcentaje de rechazo del inspector de botellas llenas.	Retomando el ABC de operaciones de las llenadoras, ya que cada operador encargado de dichos equipos trabaja de acuerdo con su experiencia en la mayoría de los casos.
	Por preparación de las llenadoras al momento de los arranques y en los cortes de producción, ya que varias de las líneas de envasado no cuentan con la demarcación de sus puntos de corte, así como por fallas de los servicios básicos de llenado.	
	Por sobre lleno, es decir, la cantidad de producto llenado por encima del nominal, que se le está entregando al cliente, lo cual se puede generar por fallas mecánicas o eléctricas en las llenadoras, lo que afecta directamente al control del volumen de llenado.	

Fuente: Barrios, F (2018)

Una vez realizadas las entrevistas estructuradas al personal del área de envasado de cerveza y malta, se pudo dar a conocer ciertos puntos claves que ellos consideran causas principales de merma de líquido, así como aquellas condiciones por las cuales no se tiene una cuantificación de la magnitud de la pérdida del producto y por lo tanto un control sobre los mismos.

4.1.4 Revisión Documental

En este punto se realiza un análisis de la información que brinda el sistema SAP referente al comportamiento del indicador de merma de líquido de envasado, para de esta forma continuar con el diagnóstico de la situación actual del proceso.

4.1.4.1 Comportamiento del indicador de merma de líquido del área de envasado de cerveza y malta.

El área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín cuenta con un indicador de merma de producto el cual refleja la diferencia entre la cantidad de litros consumidos y la cantidad de litros perdidos, puesto que como en todo proceso, tiene que cumplirse que las entradas deben ser iguales a las salidas, de no ser así, se está en presencia de una pérdida de producto, lo cual es perjudicial para toda empresa, ya que esto genera un impacto a nivel de uso de la materia prima, así como en sus costos.

Para el área de envasado, el valor del indicador de merma de líquido de cerveza y malta se obtiene desde la plataforma SAP y su cálculo se realiza por medio de la fórmula mostrada a continuación:

$$\%Merma\ Líquido = \frac{Volumen\ Disponible}{...}$$

mandados por el área de filtración de elaboración y la cantidad de hectolitros que fueron envasados.

- Volumen Obtenido: Se obtiene multiplicando la cantidad de unidades producidas, por el volumen promedio de llenado (Obtenido del sistema SAP).

Se debe resaltar que el valor final de la merma debe multiplicarse por el porcentaje de distribución, el cual indica el peso que tiene cada producto con respecto al volumen teórico, es decir, el total de producción. En la figura 4 mostrada a continuación se observa el cálculo automático por medio de la fórmula presentada anteriormente del indicador de merma de envaso realizado por el sistema SAP.

SAP Transacción

Usuario: CJGGUEVARA
Desde: 14.05.2018 Hasta: 20.05.2018
Fecha de evaluación

Mermas en Envasado (Resumen) CM04

Componente	Descripción	% Merma	% Merma Teórica	Desv Merma Real v.	ΣVol. Teórico	% Distribuci.	Σ% Merma
76620	PILSEN FILTRADA	4,61	4,51	0,10	4.474.086,2	47,1	2,12
76621	SOLERA FILTRADA	8,13	8,17	0,04	129.758,112	1,4	0,11
76623	MALTIN FILTRADO	6,99	6,65	0,34	934.387,032	9,8	0,65
76624	LIGHT FILTRADA	3,42	3,42		3.084.282,2	32,5	1,11
123803	ICE FILTRADA	4,34	4,58	0,24	869.899,416	9,2	0,42
					9.492.41		4,41

Indicador

Figura 4. Vista de la transacción ZPMENV del sistema SAP para el cálculo automático del indicador de merma de envasado.

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Una vez visto de donde se obtiene y que contempla el indicador de merma de líquido de envasado, se tiene que en la gráfica 2 y en la tabla 1 mostradas seguidamente, se puede apreciar el comportamiento del indicador de la pérdida de cerveza y malta en el área de envasado durante el periodo del año 2017, así como su impacto en costos y la cantidad de hectolitros perdidos que este representa.

Para su análisis es necesario tener presente que el valor del indicador de merma de líquido aceptado para el área de envasado es del 2.6%.

Tabla 1. Indicador de merma envasado 2017

Periodo	Merma de Envasado	Costo Merma de Envasado	Cant. Hectolitros perdidos
ene-17	4,6	45.729.683,09	8.564
feb-17	4,1	38.114.183,46	5.554
mar-17	5,1	77.570.901,82	13.417
abr-17	3,9	60.133.240,51	7.717
may-17	4,2	101.240.431,42	12.824
jun-17	5,6	226.244.909,18	20.267
jul-17	4,0	146.801.220,58	11.179
ago-17	4,4	199.789.327,04	14.608
sep-17	4,4	210.033.275,79	13.607
oct-17	4,8	280.534.100,54	15.134
nov-17	3,6	331.242.975,37	10.785
dic-17	5,8	751.606.430,77	19.592

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

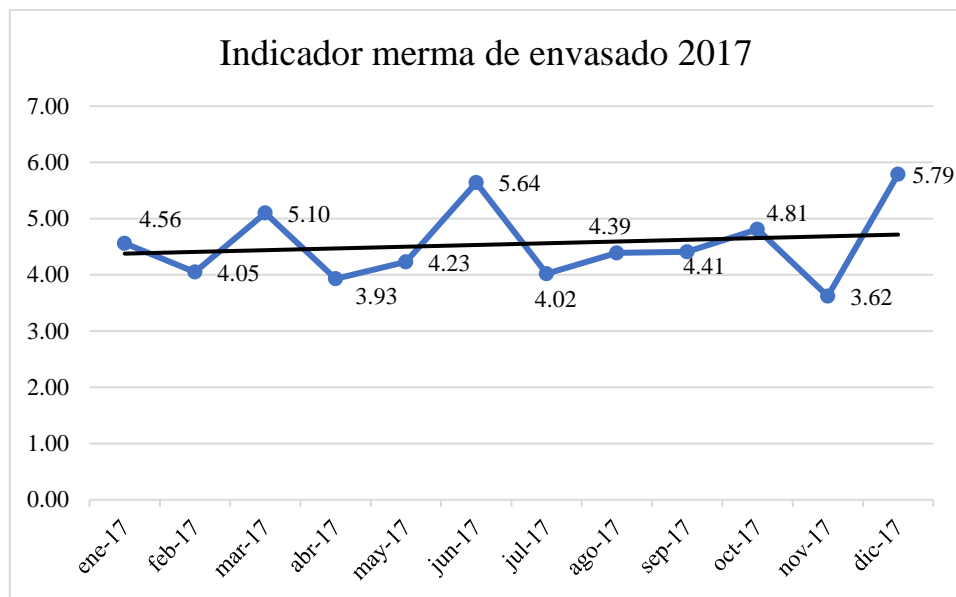


Gráfico 2. Indicador de Merma de cerveza y malta en el área de Envasado.

Fuente: Barrios, F (2018)

Analizando la grafica1 en donde se muestra el comportamiento del indicador de merma de líquido, se puede apreciar como su tendencia es ascendente, por lo que se resalta la importancia de conocer cuáles son las fuentes que están generando tal impacto en el mismo. Además esto representa para el año 2017 una pérdida en promedio de 200 millones de bolívares mensuales y un acumulado de 2.460 millones de bolívares, motivo por el cual se le debe hacer resaltar a todo el personal involucrado en el área de envasado, el impacto que esto le genera a la empresa y por lo tanto trabajar en la cuantificación y disminución de aquellos focos que generan la pérdida del producto, para garantizar de esta forma un proceso de envasado más controlado haciendo uso de parámetros operativos que faciliten la determinación de la contribución que tienen dichos focos.

A su vez es necesario considerar como a pesar de que el indicador se observa relativamente estable entre un rango del 4 y 5%, sus costos por lo contrario continúan elevándose considerablemente, esto debido al tema de inflación que presenta el país hoy en día.

4.1.5 Fuentes de merma de producto (cerveza y malta) presentes en el proceso de envasado.

Con la ayuda de herramientas como la observación directa del proceso, entrevistas estructuradas realizadas al personal involucrado en el área y tras haber analizado el comportamiento del indicador de merma de cerveza y malta del proceso de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, se pudo realizar el diagnóstico y de esta manera evidenciar las siguientes causas o fuentes que generan la pérdida del producto en el proceso:

- Sobre lleno: Entendiéndose como la cantidad de líquido que entra en la botella por encima del volumen nominal, el cual varía dependiendo de la presentación de cada SKU. Esto es generado en las llenadoras por diferentes motivos, como la longitud del tubo inyector o por el estado en el que se encuentren las válvulas de llenado.

- Porcentaje de rechazo de los inspectores de botellas llenas (HEUFT): El inspector rechaza por bajo nivel, es decir, un volumen de llenado por debajo del límite inferior permitido o por botellas con mal tapado, es importante resaltar que estas botellas no pueden ser regresadas al proceso, ya que una vez llenadas no hay manera de retornar el líquido. El proceso permite un porcentaje de rechazo menor o igual al 0,15% de las botellas producidas, sin embargo, tras haber realizado la observación directa se pudo detectar que esto no se cumple en todas las líneas de envasado, llegando a representar hasta el 1.90% de las botellas producidas.
- HDE (Sistema de inyección): Al momento en el que la botella sale de la llenadora hacia la taponadora, se le inyecta una pequeña cantidad de agua a alta presión para eliminar la cantidad de oxígeno presente en la botella, lo que produce un espumado y por lo tanto un derrame del líquido, el cual de acuerdo con los especialistas de las llenadoras corresponde a 1,5ml por botella, considerando que la llenadora corre a una velocidad de 1000bot/min, esto representa una pérdida de 7bot/min.
- Purga de Tubos inyectoros: Cada vez que culmina el proceso de llenado de una botella y esta es liberada hacia la taponadora, ocurre una purga de los tubos inyectoros antes de tomar la siguiente botella vacía para realizar el mismo proceso de llenado, generando una fuente de merma de líquido ya que esto representa un proceso repetitivo y cada llenadora puede tener hasta 130 tubos inyectoros.
- Vaciado de los calderines: Se evidencian ciertos puntos críticos causantes de la merma del producto al momento del proceso de llenado, debido al método de preparación de la llenadora, y por fallas que producen paradas prolongadas no programadas, las cuales causan el calentamiento del producto y por lo tanto el derrame del mismo en ciertas ocasiones. A su vez no todos los vaciados de los calderines se deben al modo de operación de las llenadoras, puesto que

existen fallas ajenas al proceso como el desalojo de la planta por presencia de humo, lo que produce paradas largas, así como el caso de las fallas eléctricas, las cuales hacen que se pierdan los servicios de la llenadora, ambas produciendo el derrame de los calderines. Por otra parte, se puede presentar la ocasión en que filtración al momento de mandar el producto a través de las tuberías de envasado, envía una burbuja de aire, produciendo mal lleno y el rebose de las botellas, al momento en el que esta llega a las llenadoras.

4.2 Fase 2: Identificación del porcentaje de impacto que tienen las fuentes de pérdida de producto (cerveza y malta) para priorizar sobre el total de la merma.

Para determinar el porcentaje de impacto que genera cada una de las fuentes de merma identificadas anteriormente, se realizaron una serie de pruebas y recolección de datos, con el propósito de contabilizar la pérdida de producto de cerveza y malta.

4.2.1 Volumen de llenado alto o sobre lleno

En este caso se realizaron pruebas de volumen en el laboratorio de calidad de envasado, durante el periodo Enero-Febrero del 2018, con el propósito de determinar el nivel de llenado promedio por llenadora. El proceso consiste en tomar 20 muestras diarias de botellas llenas provenientes de cada llenadora y de todas las líneas de envasado, a las cuales se les determino su volumen, por medio de la siguiente formula:

$$\text{Volumen de llenado} = \frac{\text{Peso lleno} - \text{Peso vacío}}{\text{Densidad del producto}}$$

En donde:

- Peso lleno: El pesaje de la botella llena, con unidad de medida en gramos.
- Peso vacío: El pesaje de la botella vacía, tomando en cuenta a su vez el peso de la tapa corona, con unidad de medida en gramos.
- Densidad: Magnitud escalar referida a la cantidad de masa en determinado volumen de cada tipo de líquido ya sea cerveza o malta, con unidades de medida gramos/mililitros.

EL proceso para determinar el volumen de llenado de las botellas, sin importar el SKU, consiste en:

Paso 1: Deben tomarse 20 muestras a la salida de cada llenadora y trasladarse hasta el laboratorio de calidad de envasado.

Paso 2: Una vez en el laboratorio de calidad, se deben dejar atemperar las botellas durante unos 30 minutos aproximadamente e identificar el orden con el cual se procederá a realizar el pesaje, ya que es importante que al momento de calcular el volumen se trate del peso lleno y peso vacío de la misma botella, pues de no cumplirse esto, los resultados obtenidos no serán reales, debido a que la cantidad de volumen dentro de la botella va a depender de su capacidad interna, lo cual puede variar de acuerdo con la distribución del vidrio.

Paso 3: Se procede a pesar cada una de las botellas llenas en una balanza digital, la cual tiene dos decimales de precisión mostrada en la figura 5 y a vaciar los valores obtenidos en una tabla de Excel, tal como se muestra en la tabla 2. A su vez en la figura 5 se puede apreciar el área donde ocurre lo anteriormente descrito.



Figura 5. Balanza digital ubicada en el Laboratorio de Calidad de Envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Fuente: F, Barrios (2018)

Paso 4: Seguidamente se deben destapar y vaciar las botellas, para colocarlas boca abajo en una rejilla mostrada, tal como se muestra en la figura 6, la cual cuenta con unos tubos encargados de inyectarles agua y aire alrededor de 20 minutos al momento en que se abre la respectiva válvula, con el propósito de eliminar restos de cerveza o malta presentes en las botellas, para de esta forma garantizar que queden libres de sustancias que puedan alterar su peso. Es importante recordar que se debe mantener el orden con el cual fueron pesadas en el paso 3.



Figura 6. Rejilla para lavado y secado de las botellas vacías ubicada en el Laboratorio de Calidad de Envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Fuente: F, Barrios (2018)

Paso 5: Se realiza el pesaje de las botellas vacías, considerando a su vez el peso de la tapa corona y al igual que en el paso 3, se deben vaciar los valores en la misma tabla de Excel, la cual se encarga de realizar automáticamente el cálculo del volumen de llenado usando la formula mostrada anteriormente.

Paso 6: Al finalizar con el pesaje, las botellas son colocadas en un casillero y trasladadas a la zona de vacío de su respectiva línea, dependiendo del SKU.

Es importante resaltar que este proceso es realizado por los analistas de calidad una vez a la semana por cada línea y por cada llenadora. En la figura 7 se puede observar los pasos y los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de medición de volumen de llenado de las botellas, utilizado en el laboratorio de calidad de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

A su vez en la tabla 2, se muestra el formato usado por los analistas de calidad en donde se especifica la línea y llenadora de la que provienen las botellas, el tipo de producto (Pilsen, Light, Ice, Solera, Solera Light, Black, Alt, Märzen, Zero, Maltín y Maltín Light), su presentación (para cerveza 222 ml, 300 ml, 330 ml, 355 ml o para malta 222ml, 250 ml o 1500 ml Pet) y la densidad del mismo, la hora de muestreo, así como los distintos pesajes de cada muestra. Del mismo modo en esta tabla se observan otros valores como el volumen promedio y la desviación estándar, la cual resulta ser una información de vital importancia para conocer cuál es la tendencia de llenado de cada llenadora, ya sea sobre llenar o sub llenar.

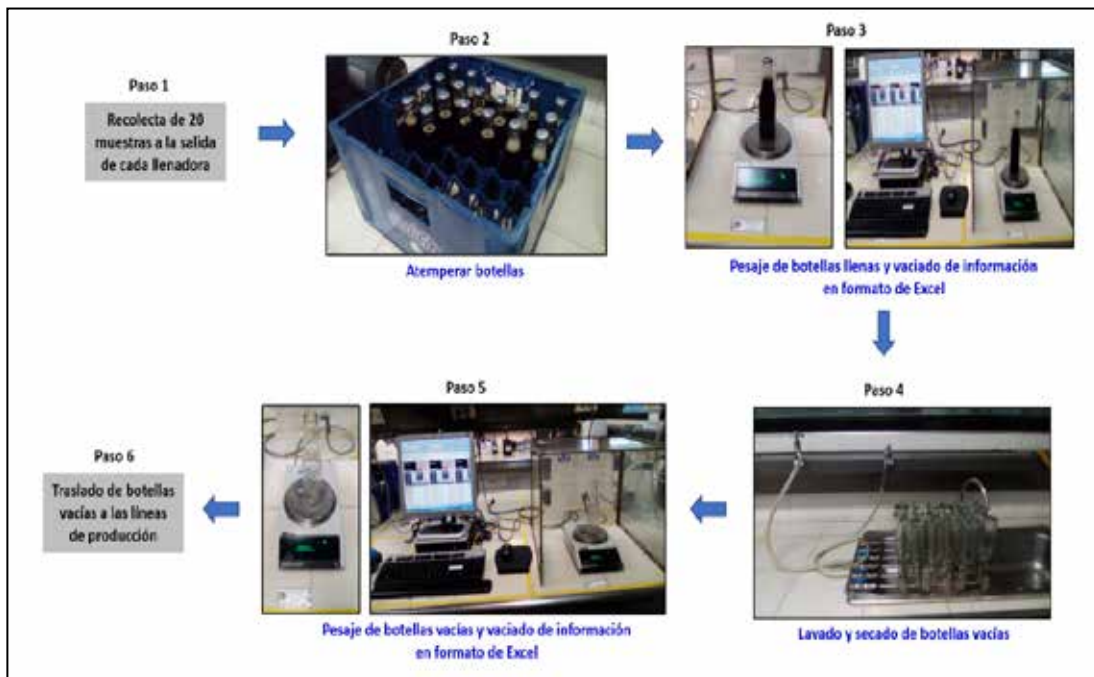


Figura 7. Proceso de medición de volumen del Laboratorio de Calidad de Envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Fuente: F, Barrios (2018)

Tabla 2. Tabla Volumen de llenado usada en laboratorio de calidad de envasado.

Semana	3	Analista	F.Barrios
Fecha	16-01-2018	Cant. Muestras	20
Hora Muestreo	08:50	Llenadora	H
Producto	Pilsen	Densidad (g/ml)	1,004
Presentación	222		
Especificación PIE	Unitario	215,34	228,66
	Promedio	220,51	223,49
N° Muestra	Peso Lleno (g)	Peso Vacío (g)	Volumen (ml)
1	437,87	214,53	222,45
2	431,86	207,29	223,68
3	442,25	217,51	223,84
4	434,03	213,63	219,52
5	431,04	209,25	220,91
6	440,59	216,61	223,09
7	431,42	207,46	223,07
8	438,68	214,06	223,73
9	436,54	216,48	219,18
10	458,70	233,64	224,16
11	438,18	216,01	221,28
12	430,78	208,32	221,57
13	434,32	209,52	223,90
14	436,39	215,44	220,07
15	432,75	207,73	224,12
16	439,94	218,38	220,68
17	432,31	207,01	224,40
18	434,17	211,17	222,11
19	432,71	210,55	221,27
20	438,35	213,45	224,00
Promedio	436,64	213,40	222,35
DS	6,24	6,07	1,68
Resultados de la evaluación del lote (muestra)			
		Valor Inf	Valor Sup
Volumen Promedio		221,57	223,14

Fuente: Laboratorio de calidad de envasado. Cervecería Polar, Planta san Joaquín

Usando los datos brindados por los analistas de calidad, se alimentó una base de datos, con el propósito de poder trabajar mejor los valores que muestra la tabla 2 y de esta manera obtener un mejor análisis del volumen de llenado. Con esto se obtuvo los resultados observados en la tabla 3 mostrada a continuación, en donde se encuentra el volumen de llenado y la cantidad de ml por encima o por debajo a la cual están haciendo el llenado cada una de las llenadoras de todas las líneas activas del área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Para realizar los cálculos y determinar el porcentaje de la cantidad de botellas perdidas, se usaron los datos de volumen promedio durante el periodo Enero-Febrero, tal como se mencionó anteriormente, seguidamente se tomó la cantidad de cajas producidas semanales por línea, discriminando si se trataba de cerveza o malta. Una vez conocidos estos datos principales se procede a calcular el porcentaje de pérdida por medio de la siguiente formula:

$$\%Pérdida\ por\ sobre\ lleno = \frac{[Producción \times Diferencia\ en\ ml]}{Volumen\ nominal} \times 100$$

En donde:

- Producción: Se refiere al total de producción de la semana en botellas.
- Diferencia en ml: Cantidad de mililitros que se encuentran por encima o por debajo del volumen nominal.
- Volumen nominal: Es el nivel al cual debe ser llenado la botella, esto depende del SKU (250 ml, 222 ml, 300 ml, 330 ml 350 ml y 1500 ml)

Ver cálculo tipo, tomando como ejemplo el T01, con los datos de la tabla 3, considerando una producción de 47.478 bot de Maltín Pet 1500 ml y una diferencia de 2.69 ml por encima del nominal:

$$\%Pérdida\ por\ sobre\ lleno = \frac{[47.478botellas \times 2.69ml]}{1500} \times 100 = 0.18\%$$

Tabla 3. Cuantificación de la pérdida de líquido por volumen de llenado alto durante Enero- Febrero 2018

Tren	Llenadora	Producto	Volumen nominal (ml)	Volumen promedio (ml)	Cant Vol por encima del promedio por llenadora (ml)	Diferencia en ml	Producción prom por línea (cjs)	Producción prom por línea (bot)	Cantidad de ml perdidos	Cantidad de botellas perdidas	%Pérdida de botellas
T01	1	Malta	1500	1502,69	2,69	2,69	7.913,00	47.478,00	127.626,61	85,08	0,18%
T02	2L	Cerveza	355	357,01	2,01						
T02	2P	Cerveza	355	357,06	2,06	2,04	37.068,88	889.653,12	1.810.462,82	5.099,90	0,57%
T03	3L	Malta	250	253,06	3,06						
T03	3P	Malta	250	253,67	3,67	3,36	22.912,20	549.892,80	1.850.389,27	7.401,56	1,35%
T03	3L	Cerveza	300	302,72	2,72						
T03	3P	Cerveza	300	302,08	2,08	2,40	14.980,00	359.520,00	862.848,00	2.876,16	0,80%
T05	5L	Cerveza	222	222,23	0,23						
T05	5M	Cerveza	222	222,12	0,12						
T05	5P	Cerveza	222	221,71	-0,29	0,02	537.013,14	19.332.472,90	386.649,46	1.741,66	0,01%
T06	6L	Cerveza	330	332,61	2,61						
T06	6P	Cerveza	330	333,32	3,32	2,97	286.522,96	6.876.551,13	20.388.974,10	61.784,77	0,90%
T07	7L	Cerveza	222	222,60	0,60						
T07	7P	Cerveza	222	221,22	-0,78	-0,09	115.452,23	4.156.280,23	-374.065,22	-1.684,98	-0,04%
T08	8L	Cerveza	330	331,49	1,49						
T08	8P	Cerveza	330	330,92	0,92	1,21	55.838,50	1.340.124,00	1.614.849,42	4.893,48	0,37%
T11	11L	Malta	222	223,31	1,31						
T11	11P	Malta	222	223,24	1,24	1,28	75.873,67	2.731.452,00	3.482.601,30	15.687,39	0,57%
T11	11L	Cerveza	222	223,42	1,42						
T11	11P	Cerveza	222	223,10	1,10	1,26	41.480,00	1.493.280,00	1.881.532,80	8.475,37	0,57%
T13	13L	Cerveza	222	223,57	1,57						
T13	13P	Cerveza	222	223,29	1,29	1,43	343.805,76	12.377.007,36	17.699.120,52	79.725,77	0,64%
T14	14L	Cerveza	222	222,53	0,53						
T14	14M	Cerveza	222	223,28	1,28						
T14	14P	Cerveza	222	223,00	1,00	0,94	373.988,63	13.463.590,75	12.610.896,67	56.805,84	0,42%
T15	15L	Cerveza	222	222,19	0,19						
T15	15M	Cerveza	222	222,11	0,11						
T15	15P	Cerveza	222	222,02	0,02	0,11	214.412,00	7.718.832,00	823.342,08	3.708,75	0,05%
TOTALES PROM							163.635,46	5.487.394,95	4.858.863,68	18.969,29	0,49%

Fuente: Barrios, F (2018)

Analizando la información brindada por la tabla 3, se tiene que el promedio de porcentaje de pérdida semanal de toda el área de envasado considerando que diez de sus líneas están en producción es del 0.49%. Lo cual considerando que la producción total en promedio de Enero-Febrero fue de 16.946.463,03 litros, se estima que la cantidad de litros perdidos por este concepto es de 83.253,60 litros.

4.2.2 Botellas rechazadas por el inspector de botellas llenas.

Primeramente se debe resaltar que el rechazo que realiza el inspector de botellas llenas, el cual está ubicado a la salida de la llenadora, se debe a las botellas que salen sin tapas o mal tapadas o aquellas cuyo nivel de llenado está por debajo del volumen unitario permitido es decir el 3% del volumen nominal, la razón por la que se considera el volumen unitario es porque se debe tener en cuenta que el inspector revisa las botellas una a una. Por ejemplo, en el caso de un producto ya sea cerveza o malta cuya presentación sea de 222 ml, se procede a realizar el siguiente cálculo:

$$\text{Limite inferior} = \text{Volumen nominal} \times (100\% - 3\%)$$

$$\text{Limite inferior} = 222\text{ml} \times (97\%)$$

$$\text{Limite inferior} = 215,34\text{ml}$$

$$\text{Limite superior} = \text{Volumen nominal} \times (100\% + 3\%)$$

$$\text{Limite superior} = 222\text{ml} \times (103\%)$$

$$\text{Limite superior} = 228,66\text{ml}$$

Por lo que se entiende que para el caso de la presentación de 222ml, cualquier botella que salga de la llenadora con un volumen inferior a 215,34ml será rechazada por el inspector. En la tabla 4 anexa a continuación se muestran los rangos inferiores y superiores para cada presentación.

Tabla 4. Límites para el volumen de llenado.

Presentación 222 ml	Lim inf 215,34 ml	Lim sup 228,66 ml
Presentación 250 ml	Lim inf 242,50 ml	Lim sup 257,50 ml
Presentación 300 ml	Lim inf 291,00 ml	Lim sup 309,00 ml
Presentación 330 ml	Lim inf 320,10 ml	Lim sup 339,90 ml
Presentación 355 ml	Lim inf 344,35 ml	Lim sup 365,65 ml
Presentación 1500 ml	Lim inf 1477,50 ml	Lim sup 1522,50 ml

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

A su vez, los inspectores de botellas llenas pueden rechazar la botella en caso de que tenga presencia de metal, esto puede ocurrir en caso de que el tubo inyector se salga de la válvula de llenado y quede dentro de la botella. Esto ocurre con muy poca frecuencia.

Teniendo claro el criterio de evaluación de los inspectores de botellas llenas, es necesario resaltar que de acuerdo con lo establecido por el área de envasado, la tolerancia del porcentaje de rechazo del inspector de botellas llenas no debe ser mayor a 0.15%, lo que se puede entender como 3 botellas de cada 2000 botellas, razón por la cual se procede a realizar una recolección de datos de las estadísticas del HEUFT con el propósito de determinar cual es el porcentaje de pérdida que este tiene de acuerdo con la producción semanal.

El proceso de recolección consistió en pasar mínimo tres veces a la semana por cada inspector de cada línea, en condiciones de arranque (momento en el cual la cantidad de rechazo es más elevado) y en condiciones normales de operación una vez estabilizada la línea, tomando los datos de la cantidad de botellas procesadas, botellas producidas y botellas rechazadas incluyendo su valor porcentual, esto es mostrado en la pantalla del inspector (HEUFT), tal como se muestra en la figura 8 y 9.



Figura 8. Inspector de botellas llenas de la línea 1 con corrida de Maltín Pet 1500 ml de Cervecería Polar, Planta San Joaquín

Fuente: Barrios, F (2018)

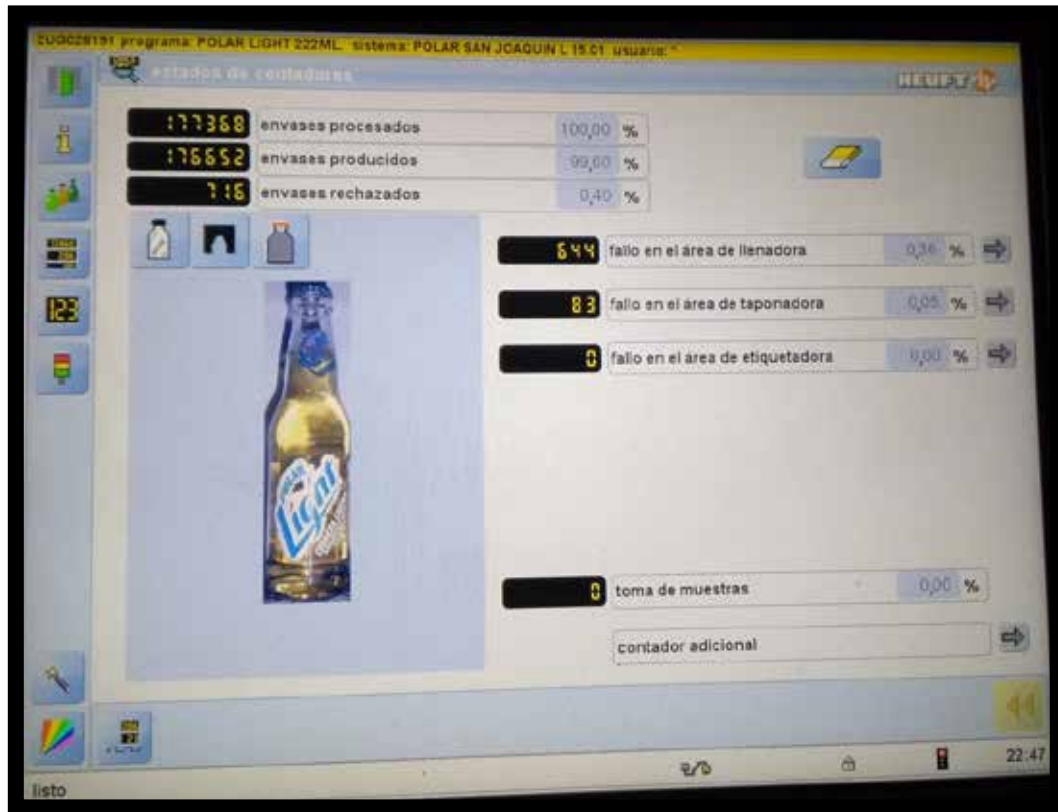


Figura 9. Pantalla del inspector de botellas llenas de la línea 5, llenadora lado lavadora con corrida de Light 222 ml de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.
Fuente: Barrios, F (2018)

Una vez realizado la recolección de los datos durante los meses Enero-Febrero del 2018, se pudo obtener los resultados expuestos en la tabla 5 mostrada a continuación. En donde se aprecia lo siguiente:

- Total procesado: Cantidad de botellas que salen de la llenadora.
- Total producido y %Total producido: Cantidad de botellas que cumplen con los estándares de calidad, por lo que no son rechazadas por el inspector y continúan su camino hacia el pasteurizador.
- Total rechazado y %Total rechazado: Cantidad de botellas expulsadas por el inspector debido a que cumplen con cualquiera de los tres criterios de evaluación, explicados anteriormente, ya sea falla en el nivel de llenado, falla por la taponadora o por presencia de metales.

Es importante resaltar, que en la tabla 5 en los totales promedios, se puede apreciar aproximadamente la cantidad de botellas producidas diariamente por línea, la razón por la cual se considera la producción diaria es debido a la manera en la que se recolectaron los datos brindados por el inspector de botellas llenas, puesto que solo de esta forma se podía considerar las condiciones reales del proceso y por lo tanto resultados más confiables para contabilizar la pérdida del producto.

Tabla 5. Recolección de los datos de los inspectores de botellas de todas las líneas de envasado durante Enero-Febrero 2018

Tren	Llenadora	Producto	Total Procesado	Total Producido	Total Rechazado	%Total Producido	%Total Rechazado
T02	2L	Cerveza	702.780,00	697.642,57	5.098,57	99,24%	0,76%
T02	2P	Cerveza	662.201,71	659.680,57	2.540,86	99,60%	0,38%
T03	3L	Cerveza o malta	1.325.560,20	1.317.287,00	8.273,20	99,36%	0,64%
T03	3P	Cerveza o malta	145.969,00	145.088,00	881,00	99,40%	0,61%
T05	5L	Cerveza	537.966,45	537.262,55	711,73	99,85%	0,13%
T05	5M	Cerveza	484.517,58	484.190,50	339,08	99,94%	0,06%
T05	5P	Cerveza	452.495,00	451.785,00	710,00	99,84%	0,16%
T06	6L	Cerveza	632.160,21	625.574,36	2.156,43	99,63%	0,36%
T06	6P	Cerveza	795.326,36	791.882,00	3.448,86	99,58%	0,42%
T07	7L	Cerveza	1.322.376,25	1.316.766,00	5.610,25	99,25%	0,57%
T07	7P	Cerveza	269.266,67	267.562,67	1.704,00	99,53%	0,47%
T08	8L	Cerveza	2.414.113,75	2.385.052,50	29.811,25	99,50%	1,25%
T08	8P	Cerveza	1.889.293,00	1.872.577,67	16.715,33	99,39%	0,94%
T11	11L	Cerveza o malta	326.545,89	325.737,11	808,78	99,80%	0,20%
T11	11P	Cerveza o malta	537.223,50	536.163,00	1.076,83	99,65%	0,35%
T13	13L	Cerveza	776.300,00	772.034,00	4.300,00	99,69%	0,34%
T13	13P	Cerveza	311.271,08	310.933,25	349,25	99,87%	0,12%
T14	14L	Cerveza	269.425,80	268.877,00	549,00	99,79%	0,20%
T14	14M	Cerveza	336.460,40	336.077,40	394,80	99,87%	0,13%
T14	14P	Cerveza	344.654,50	344.242,75	414,25	99,87%	0,13%
T15	15L	Cerveza	605.440,00	602.921,00	2.530,50	99,59%	0,42%
T15	15M	Cerveza	680.542,00	694.547,00	2.541,00	99,64%	0,36%
T15	15P	Cerveza	905.647,00	903.933,50	1.763,50	99,81%	0,20%
TOTALES PROM			727.284,19	723.818,15	4.031,67	99,64%	0,40%

Fuente: Barrios, F (2018)

Realizando un análisis de los resultados mostrados en la tabla 5 se puede decir que el porcentaje de pérdida en promedio de todas las líneas de envasado es de aproximadamente 0,40% de botellas rechazadas semanales, lo que puede entenderse como 8 botellas de cada 2000 botellas. Por otra parte, tomando en cuenta la producción

total durante el periodo de la realización de las pruebas Enero-Febrero la cual fue de 16.946.463,03 litros, se tiene que la perdida en litros considerando el 0.40% de rechazo fue de 67.785,85 litros.

4.2.3 Sistema de inyección a alta presión o HDE

Primeramente, es necesario resaltar que la presencia de oxígeno en las botellas llenas con cerveza es perjudicial para el producto, puesto que este lo oxida y altera químicamente. Es aquí donde entra la participación en el proceso del sistema de inyección de agua a alta presión o tal como sus siglas en alemán lo indican, sistema “HDE”, ya que este se encarga de eliminar la cantidad de oxígeno presente en el head space de la botella, al momento en el que esta sale de la llenadora y se dirige hacia la taponadora, ya que en este punto la botella se pone en contacto con el medio ambiente y por lo tanto con el oxígeno presente en el mismo.

La ubicación del sistema HDE está en la estrella de salida de la llenadora, esto se puede apreciar en la figura 10, en donde se muestra una vista superior del proceso de llenado, demarcándose con un círculo rojo el área en el que se encuentra el sistema de inyección a alta presión, es decir entre la llenadora y el taponador

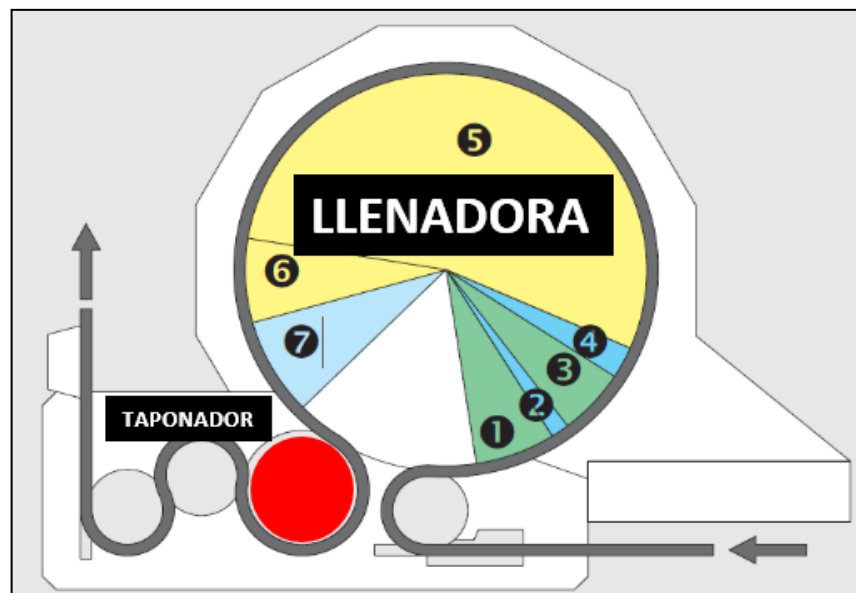


Figura 10. Vista superior del proceso de llenado. En rojo ubicación del sistema HDE.

Fuente: Manual Kronen, Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

La manera en la que dicho sistema de inyección a alta presión logra desplazar la cantidad de oxígeno presente en la botella luego de ser llenada, es por medio de una perturbación con una pequeña cantidad de agua, la cual representa media gota aproximadamente o 0,03ml. Esto, es lo que permite que la cerveza dentro de la botella espume hasta el pico de la misma, justo antes del momento en el que es tapada, generando de esta forma una pérdida del producto ya que, dependiendo de las condiciones de presión y temperatura del agua, el espumado puede ser mayor ocasionando que el líquido se derrame de la botella. En la figura 11 se puede observar el sistema de inyección a alta presión.

Es importante resaltar que este sistema HDE es únicamente aplicado para la cerveza, ya que la malta debido a su composición química no es tan susceptible al entrar en contacto con el oxígeno.

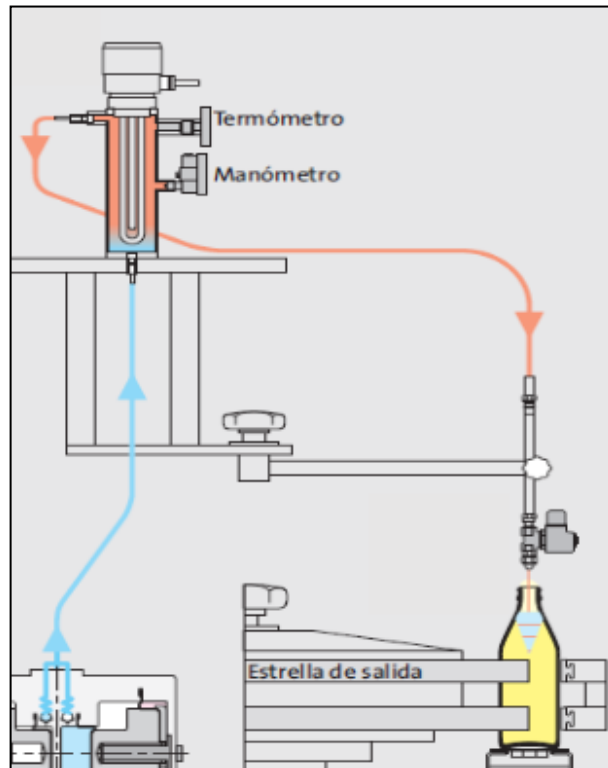


Figura 11. Sistema de inyección a alta presión o sistema HDE.

Fuente: Manual Krones, Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

De acuerdo con las especialistas de las llenadoras marca KRONES Y HK, de accionamiento mecánico o neumático, ubicadas en el área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, la pérdida de producto por este concepto, considerando que se cumple con las condiciones adecuadas del sistema, no debe ser mayor a 1,5ml por botella.

Con el propósito de lograr contabilizar esta pérdida, se realizaron pruebas de volumen de llenado con y sin HDE, en aquellas llenadoras cuya pérdida de producto por este concepto era más evidente, para esto se llevaron a cabo los siguientes pasos:

Paso 1: Identificar las llenadoras a las cuales se les realizaría la prueba, tomando en cuenta aquellas cuyos niveles de producción son los más elevados, ya que de esta forma se podrá obtener un valor más real de la pérdida, motivo por el cual se consideraron las líneas de botellas retornables, descartando aquellas que se encargan del proceso de llenado de malta, ya que en ellas no se usa el sistema de inyección de agua a alta presión, como es el caso de las líneas de producción T01, T03 y T11.

Paso 2: Tomar las muestras con inyección de HDE, es decir entre 88 botellas en el caso de las llenadoras HK (T06 y T08) y 130 botellas en el caso de las llenadoras Kronos (T05, T13, T14, T15), puesto que se deben considerar todas las válvulas de llenado de la máquina, identificando de que válvula proviene cada una de ellas, ya que de esta forma se podrá tener un tamaño razonable de la muestra y por lo tanto un resultado más confiable al momento de ver la diferencia con respecto al volumen de llenado con y sin inyección de agua a alta presión.

Paso 3: Repetir el proceso descrito en el paso 2, solo que esta vez, se debe desactivar el sistema HDE para poder proceder a tomar las muestras de toda la llenadora, recordando identificar de que válvula proviene cada botella y garantizando que las condiciones de la llenadora sean las mismas que para la toma de la muestra con la inyección de HDE, ya que, si estas no son las mismas, los resultados pueden salir alterados y por lo tanto no ser confiables.

Paso 4: Llevar las muestras al laboratorio de calidad y realizar el pesaje del volumen de todas las botellas. Para esto, se debe seguir la serie de pasos explicados en

el punto 4.2.1 donde se explica el proceso del pesaje de los volúmenes de llenado llevado a cabo en el laboratorio de calidad del área de envasado, los cuales se resumen básicamente en, dejar atemperar las botellas, medir el peso lleno y el peso vacío de las mismas, vaciando los valores en una base de datos y devolver los casilleros vacíos a las respectivas líneas. Es importante resaltar que, para obtener la diferencia de los mililitros perdidos, deben coincidir las válvulas de las botellas con HDE y sin HDE.

Paso 5: Con la base de datos de Excel, se realiza un promedio de volumen de llenado por llenadora y se hace una resta entre el nivel de llenado con HDE y sin HDE, de esta forma el valor obtenido representa la cantidad de litros perdidos por este concepto, teniendo en cuenta que en teoría, el volumen de llenado con HDE es más bajo que el volumen de llenado sin HDE, puesto que en este último no se está produciendo el espumado y por lo tanto no se pierde el producto.

Los resultados obtenidos de las pruebas llevadas a cabo durante el periodo Enero-Febrero en las líneas de producción T05, T06, T08, T13, T14 y T15, para la cuantificación de los litros perdidos por este concepto, son los siguientes mostrados en la tabla 6 anexa a continuación. Es necesario resaltar que la razón por la cual no se tomaron en cuenta las líneas de producción T02 y T07, es porque estas se encontraban paradas por mantenimiento, a su vez el resto de las líneas que no se consideraron como el T01, T03 y T11, se debe al hecho de que por ellas se corre Maltín y Maltín Light, por lo que se debe resaltar que el sistema de inyección a alta presión no se aplica a la malta, porque la malta no es tan susceptible al oxígeno como la cerveza.

En la tabla 6 se puede apreciar el volumen promedio de llenado de las muestras tomadas con HDE y el volumen promedio de llenado de las muestras tomadas sin HDE, así como la diferencia entre las mismas, puesto que de esta forma se obtiene el valor de la cantidad de mililitros perdidos por botella aproximadamente, dicho valor multiplicado por la cantidad de botellas producidas para el periodo de estudio, nos brinda como resultado la cantidad de botellas perdidas por este concepto, así como su representación en porcentaje, para conocer de esta manera cual es la proporción de la pérdida por este concepto.

Tabla 6. Recolección de las pruebas de volúmenes con y sin HDE, para contabilizar la cantidad de litros perdidos por botellas en las líneas de producción de botellas no retornables en el área de envasado.

Tren	Llenadora	Producto	Presentación	Vol prom sin HDE (ml/bot)	Vol prom con HDE (ml/bot)	Diferencia (ml/bot)	Prod por línea (bot)	Prod prom por llenadora (bot)	Cant litros perdidos	Cant Botellas pérdidas	%Pérdida (bot)
T05	5L	Cerveza	222	222,06	219,36	2,70	19.332.472,90	6.444.157,63	17.400,45	78.380,41	1,22%
T05	5M	Cerveza	222	222,35	220,14	2,21		6.444.157,63	14.231,77	64.107,07	0,99%
T05	5P	Cerveza	222	223,52	220,47	3,05		6.444.157,63	19.660,35	88.560,14	1,37%
T06	6L	Cerveza	330	334,43	329,94	4,49	6.876.551,13	3.438.275,57	15.446,17	46.806,57	1,36%
T06	6L	Cerveza	330	333,28	330,99	2,29		3.438.275,57	7.878,52	23.874,30	0,69%
T08	8L	Cerveza	330	331,65	328,17	3,47	1.340.124,00	670.062,00	2.327,00	7.051,52	1,05%
T08	8P	Cerveza	330	332,09	330,25	1,84		670.062,00	1.229,83	3.726,76	0,56%
T13	13L	Cerveza	222	223,10	221,44	1,66	12.377.007,36	6.188.503,68	10.256,64	46.201,10	0,75%
T13	13P	Cerveza	222	223,26	220,19	3,07		6.188.503,68	19.009,31	85.627,51	1,38%
T14	14L	Cerveza	222	224,25	222,45	1,79	13.463.590,75	4.487.863,58	8.035,25	36.194,82	0,81%
T14	14M	Cerveza	222	225,01	223,63	1,37		4.487.863,58	6.165,84	27.774,04	0,62%
T14	14P	Cerveza	222	226,00	223,99	2,01		4.487.863,58	9.040,35	40.722,31	0,91%
T15	15L	Cerveza	222	224,11	222,26	1,85	7.718.832,00	2.572.944,00	4.759,95	21.441,20	0,83%
T15	15M	Cerveza	222	224,65	221,66	2,99		2.572.944,00	7.700,82	34.688,38	1,35%
T15	15P	Cerveza	222	225,89	221,49	4,40		2.572.944,00	11.321,85	50.999,34	1,98%
					TOALES PROM	2,61	10.184.763,02	4.073.905,21	10.297,61	43.743,70	1,06%

Fuente: Barrios, F (2018)

Realizando un análisis de los resultados obtenidos, se puede apreciar que para el periodo de la realización de las pruebas de volumen de llenado con y sin HDE, durante los meses Enero-Febrero, el porcentaje de la pérdida para un promedio de producción semanal de 10.184.763,02 bot/sem, representa el 1.06% de botellas perdidas, con un promedio de pérdida de 2,61 ml/bot, es decir 1,11 ml por encima de lo aceptable por el proceso. Tomando en cuenta la producción sin malta para este periodo la cual fue de 16.131.390.49lt, la pérdida en litros es de 170.992,74litros.

Es importante resaltar que para el momento en el que se realizaron las pruebas se pudo evidenciar que las condiciones del sistema de inyección a alta presión no eran las adecuadas, ya que se observó que había gran juego en las estrellas de manejo, lo que generaba una mayor perdida, así como también se pudo detectar que la presión de HDE en algunos casos estaba muy alta, ocasionando a su vez perdida debido al gran espumado que generaba en el líquido contenido en las botellas.

Con el propósito de comprender de mejor manera la pérdida por este concepto, la cual en teoría debería ser de 1,5 ml perdidos por botellas, se tiene que si se toma en cuenta la velocidad de las llenadoras la cual es de 1000bot/min y considerando que la mayoría de las líneas cuentan con dos llenadoras, es decir, que estas corren a una velocidad de la línea de 2000 bot/ min, su relación es de 14 botellas perdidas por minuto por cada 2000 botellas producidas. Por lo que, si la pérdida en promedio se encuentra por el orden de los 2,61ml, la relación es de 24 botellas perdidas por cada 2000 botellas producidas por minuto.

4.2.4 Purga de los tubos inyectoros

El proceso de llenado de las llenadoras de funcionamiento isobárico, las cuales están presentes en todas las líneas del área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, mostrado en la figura 12, es explicado a continuación, con el propósito de entender como ocurre la pérdida de producto por purga de los tubos inyectoros.

Paso 1 Primera evacuación: La botella entra llena de aire a la llenadora, por lo que el primer paso consiste en hacerle un vacío a la botella, el cual permite reducir la cantidad de aire presente en la misma a un 10% aproximadamente.

Paso 2 Barrido con CO₂: Este paso consiste en hacerle un enjuague a la botella con CO₂, con el fin de continuar disminuyendo la cantidad de oxígeno presente en la misma.

Paso 3 Segunda evacuación: Se lleva a cabo un segundo vacío con el propósito de continuar disminuyendo la presencia de oxígeno en la botella, con este se logra reducir la proporción de aire contenida en la botella a 1% aproximadamente.

Paso 4 Presurización: Por medio de la inyección de CO₂ se busca que la presión de la botella sea exactamente igual a la presión interior que tiene el calderín, para de esta forma poder liberar el producto.

Paso 5 Fase de llenado: Al igualarse las presiones de la botella y el calderín, comienza el proceso de llenado, dejando pasar el producto por la parte externa del tubo inyector el cual cuenta con una goma deflectora que permite que el líquido fluya hacia la pared interna del envase, garantizando de esta forma un flujo laminar muy protector del producto, es decir evitando que este espume. A medida que esto ocurre el gas presente en la botella es desplazado por la parte interna del tubo inyector, hasta el depósito de CO₂.

Paso 6 Final del llenado y Estabilización: Cuando el líquido toca el extremo inferior del tubo inyector por el cual está retornando el aire que se encuentra en la botella, ocurre una interrupción entre el gas y el producto lo que hace que se termine el proceso de llenado de forma automática. Una vez finalizado el producto llenado tiene un tiempo para estabilizarse permitiendo que ingrese una pequeña cantidad de líquido en el tubo inyector.

Paso 7 Descarga: Ya estabilizado el producto, se abre la válvula de descarga la cual permite que se libere la presión que está dentro de la botella, para que seguidamente los órganos de elevación descendan bajando la botella y entregándola a la estrella de salida de la llenadora.

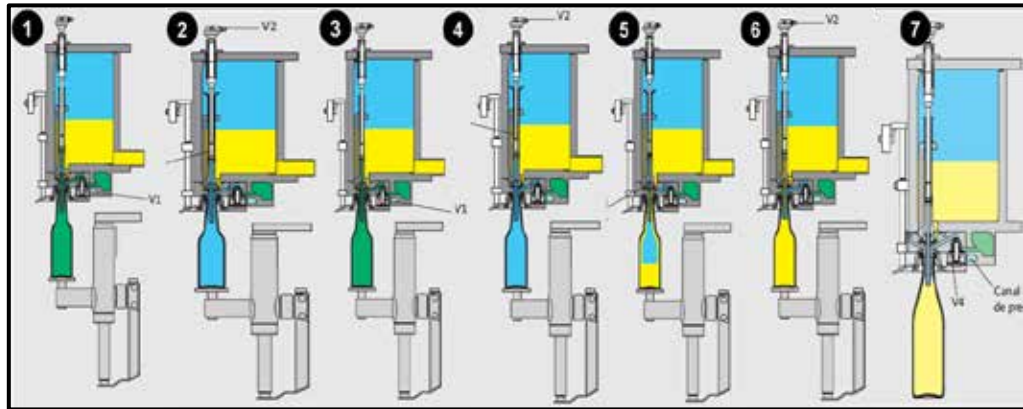


Figura 12. Proceso de llenado de las llenadoras isobáricas, donde azul es el CO₂, amarillo es el producto y verde es el vacío

Fuente: Manual Kronen, Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Al momento en el que la botella es entregada a la estrella de salida de la llenadora, para ser dirigida hacia la taponadora, el líquido contenido en el tubo inyector, el cual ingresa al mismo durante el paso 6, donde ocurre el finalizado del llenado de la botella y la estabilización del producto, es liberado para poder comenzar nuevamente con el proceso de llenado. Esto puede apreciarse mejor en la figura 13, donde se muestra de manera más detallada dicho paso. Es en este punto en donde se evidencia la fuente de merma por purga de los tubos inyectores, ya que, si esto no ocurre, puede que se presenten problemas de sobre lleno.

De acuerdo con los especialistas de las llenadoras KRONES y HK, se tiene que la pérdida por este concepto no puede ser mayor a 1,6ml por tubo inyector. Por lo que se procedió a realizar pruebas durante los meses Enero- Febrero, para poder contabilizar cuanto es la pérdida por este concepto, sin embargo debido al grado de dificultad de la prueba, por la falta de espacio en el área en la que ocurre la purga, el cual puede evidenciarse en la figura 14 en donde se encuentra el área delimitada por un círculo rojo, esta prueba solo se pudo llevar a cabo en una llenadora marca KRONES y en una llenadora marca HK, que son las que están presentes en el proceso de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, para de esta forma tener una idea de cuánto se está perdiendo por este concepto.

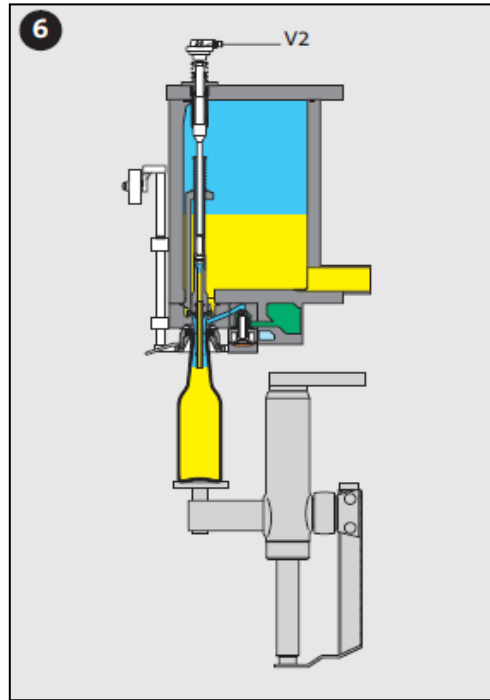


Figura 13. Paso 6 del proceso de llenado de una botella, donde se evidencia la entrada del líquido hacia el tubo inyector.
Fuente: Manual Krones, Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

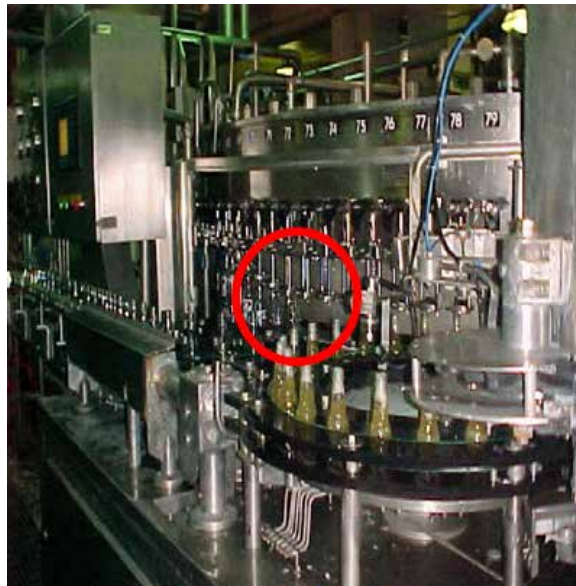


Figura 14. Área en la que ocurre la purga de los tubos inyector.
Fuente: Barrios, F (2018)

Los pasos para llevar a cabo dicha prueba son los siguientes:

Paso 1: Por medio de una observación directa realizada a las llenadoras de las líneas de envasado de Cervecería Polar, planta San Joaquín, se determinó visualmente en cuál de ellas ocurría la mayor pérdida por purga de tubo inyector, analizando tanto las llenadoras HK de los trenes T06 y T08, y las llenadoras KRONES del resto de los trenes (T02, T05, T07, T11, T13, T14, T15), exceptuando las llenadoras de los trenes T01 y T03 debido a que el principio de llenado de estas no es el mismo, estas son llenadoras volumétricas y sensiomáticas, por lo que no realizan purga del tubo inyector.

Paso 2: Una vez escogidas las dos llenadoras, las cuales fueron la llenadora 2 del tren 08 y la llenadora 1 del tren 13, se colocó el dispositivo mostrado en la figura 15, en el área mostrada en la figura 16, el cual permitió acumular la cantidad de mililitros perdidos por la purga de los tubos inyector, y traspasarlos por medio de una manguera a un cilindro aforado, para poder contabilizar de esta forma la pérdida. Esto, se realizó durante una cierta cantidad de vueltas de las llenadoras, en un determinado tiempo, repitiendo el proceso hasta tres veces para obtener un valor más confiable.

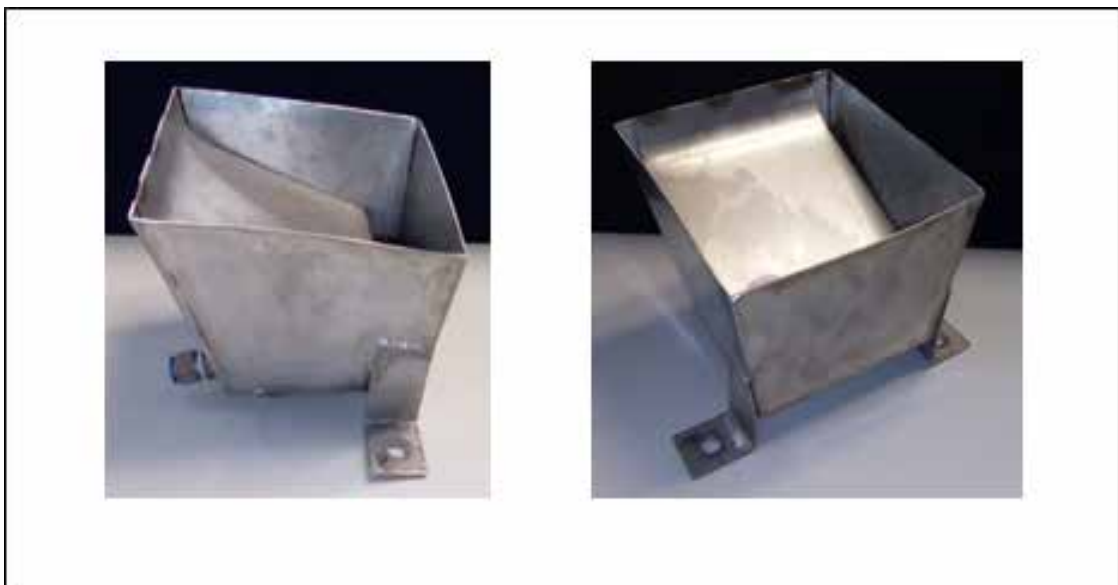


Figura 15. Equipo utilizado para contabilizar la cantidad de mililitros perdidos por purga de los tubos inyector.

Fuente: Barrios, F (2018)



Figura 16. Área donde se colocó el dispositivo

Fuente: Barrios, F (2018)

Paso 3: Luego de tener los valores de la prueba, es decir la cantidad de vueltas que realizó el calderín y el tiempo de duración de las mismas, se vaciaron los datos en una tabla de Excel, la cual realizó el cálculo promedio de la cantidad de mililitros perdidos por tubo inyector. Estos resultados se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de las pruebas realizadas para contabilizar la pérdida por purga de los tubos inyectores.

Muestras	Vueltas	Tiempo (seg)	Número de Válvulas	Cant mililitros recolectados	Cant ml perdidos por válvula
Llenadora 8P T08					
muestra 1	16	2,63	88	400	0,28
muestra2	13	2,07	88	960	0,84
muestra 3	29	4,70	88	800	0,31
Promedios					0,48
Llenadora 13L T13					
muestra 1	15	3,65	130	550	0,28
muestra2	20	4,86	130	1050	0,40
muestra 3	18	4,38	130	980	0,42
Promedios					0,37

Fuente: Barrios, F (2018)

Estudiando los resultados obtenidos se obtiene que aproximadamente la pérdida por este concepto esta por el orden de los 0,4 ml en promedio por tubo inyector, en ambos modelos de llenadoras, es decir, una cuarta parte de lo aceptable por el proceso. Sin embargo, debido a que la prueba no se pudo realizar a todas las líneas de envasado, se procede a realizar el cálculo del porcentaje de impacto de la merma, considerando el peor escenario en el cual se pierdan 1,6 ml por botella, en todas las llenadoras independientemente si se trata de cerveza o malta. Considerando lo anterior, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 8 mostrada a continuación:

Tabla 8. Cuantificación de la pérdida de líquido por purga de tubos inyectores durante Enero- Febrero 2018.

Tren	Presentación	Cant ml de purga	Producción prom por línea (bot)	Producción prom por línea (litros)	Cantidad de ml perdidos	Cantidad de botellas perdidas	%Pérdida de botellas
T02	355	1,6					
T02	355	1,6	889.653,12	3.158.268,58	1.423.444,99	4.009,70	0,45%
T05	222	1,6					
T05	222	1,6					
T05	222	1,6	19.332.472,90	4.291.808,98	30.931.956,63	139.333,14	0,72%
T06	330	1,6					
T06	330	1,6	6.876.551,13	22.692.618,73	11.002.481,81	33.340,85	0,48%
T07	222	1,6					
T07	222	1,6	4.156.280,23	9.226.942,11	6.650.048,37	29.955,17	0,72%
T08	330	1,6					
T08	330	1,6	1.340.124,00	4.422.409,20	2.144.198,40	6.497,57	0,48%
T11	222	1,6					
T11	222	1,6	2.731.452,00	6.063.823,44	4.370.323,20	19.686,14	0,72%
T11	222	1,6					
T11	222	1,6	1.493.280,00	3.315.081,60	2.389.248,00	10.762,38	0,72%
T13	222	1,6					
T13	222	1,6	12.377.007,36	27.476.956,34	19.803.211,78	89.203,66	0,72%
T14	222	1,6					
T14	222	1,6					
T14	222	1,6	13.463.590,75	2.988.917,15	21.541.745,20	97.034,89	0,72%
T15	222	1,6					
T15	222	1,6					
T15	222	1,6	7.718.832,00	1.713.580,70	12.350.131,20	55.631,22	0,72%
		TOTALES PROM	7.037.924,35	8.535.040,68	4.895.947,37	48.545,47	0,65%

Fuente: Barrios, F (2018)

Analizando los valores obtenidos se tiene que en promedio el porcentaje de la pérdida por este concepto es de aproximadamente el 0,65% por línea de producción, lo que representa una pérdida en promedio de 48.546 botellas para una producción promedio de 8.535.040,68 por línea. Tomando en cuenta la cantidad de litros producidos en promedio para los meses Enero y Febrero, lo cual fue aproximadamente de 16.131.390,49 litros, sin meter la producción de las línea T03 y T01, ya que en estas llenadoras no ocurre la purga de los tubos inyectores, puesto que su principio de funcionamiento no es el mismo, se tiene que la cantidad de litros perdidos por concepto de purga de tubos inyectores tomando el 0,65% es de 104.854,04 litros.

4.2.5 Vaciado del Calderín

El vaciado del calderín se puede generar ya sea por el personal de operaciones o por fallas ajenas al proceso. Al hablar de operaciones se hace referencia a la pérdida del líquido, ya sea cerveza o malta, causada principalmente en los arranques de las líneas de producción, puesto que cada uno de los llenadores trabaja de acuerdo con su propia experiencia, motivo por el cual tienen criterios muy subjetivos al momento de operar el equipo.

La pérdida por este concepto, se origina debido a que cuando el área de filtración, envía el producto, este es empujado por agua, lo que produce una mezcla entre ambos líquidos, razón por la cual los llenadores se ven obligados derramar la cerveza o malta durante el tiempo necesario, por medio de una tubería que se encuentra ubicada a la entrada de la llenadora, hasta cerciorarse por medio de la degustación del producto o evaluación del color del líquido, de que realmente llegó el producto a la llenadora y pueden arrancar con el proceso de llenado. Esto se puede apreciar en la figura 17.

Con el propósito de contabilizar cuanto representa la merma de líquido bajo estas condiciones, se realizó una estimación del porcentaje de pérdida considerando el derrame del producto contenido tanto en el calderín como en las tuberías, así como la cantidad de arranques que tiene una línea semanalmente, siendo estos, el primer día de activación de la línea y todos los jueves por la limpieza que se le realiza a las llenadoras,

dando como resultados los siguientes plasmados en la tabla 9, en donde se refleja la producción promedio para el periodo Enero-Febrero, la cantidad de arranques por línea, los cuales varían dependiendo de la cantidad de llenadoras, el volumen del calderín, tomando en cuenta lo contenido en las tuberías, además de la cantidad de la perdida en litros y en porcentaje.



Figura 17. Tubería de producto a la entrada de la llenadora T11.
Fuente: Barrios, F (2018)

Tabla 9. Cuantificación de la pérdida de líquido por derrame del calderín al momento de los arranques de producción.

Tren	Promedio producción (litros)	Cantidad de arranques semanales	Volumen del calderín (litros)	Cant litros perdidos	%Perdida
T01	71.217,00	2	191	382	0,54%
T02	315.826,86	4	428	1712	0,54%
T03	245.329,20	4	507	2028	0,83%
T05	4.291.808,98	6	834	5004	0,12%
T06	2.269.261,87	4	290	1160	0,05%
T07	922.694,21	4	334	1336	0,14%
T08	442.240,92	4	290	1160	0,26%
T11	937.890,50	4	334	1336	0,14%
T13	2.747.695,63	4	334	1336	0,05%
T14	2.988.917,15	6	834	5004	0,17%
T15	1.713.580,70	6	834	5004	0,29%
TOTALES PROM	1.540.587,55	4	474	2.315	0,28%

Fuente: Barrios, F (2018)

Analizando la información obtenida se tiene que el promedio del porcentaje de la pérdida por este concepto es del 0.28%, asumiendo que todas las líneas activas están en producción, lo que representa una pérdida de 47.450,10 litros para un total de producción promedio durante el periodo Enero-Febrero 2018 de 16.946.463,03 litros. Sin embargo, se debe considerar que este es un valor estimado bajo condiciones teóricas.

Por otra parte, el vaciado del calderín puede generarse, por fallas ajenas al proceso, como es el caso de las siguientes:

- Fallas eléctricas: Las cuales ocasionan que se caigan los servicios de la llenadora, perdiendo de esta forma la presión e igualándola a la del medio ambiente, por lo que, al tratarse de máquinas de funcionamiento isobárico, esto causa que se abran sus válvulas de llenado, liberando así todo el producto contenido en el calderín y en las tuberías.

- Presencia de humo en el galpón: Cuando esto ocurre, crea condiciones laborales inadecuadas para el personal, forzándolos a retirarse de sus zonas de trabajo, causando paradas prolongadas que afectan la temperatura del producto contenido en el calderín, por lo tanto, al momento de arrancar nuevamente con el proceso de llenado, las botellas salen espumadas ocasionando mal lleno, por lo que pasan a ser rechazadas por los inspectores de botellas llenas.

- A su vez puede ocurrir que el área de filtración de cerveza o malta, al momento de enviar el producto por las tuberías manda una burbuja de aire, generando de esta forma que las botellas al momento de ser llenadas salgan rebosadas por la cantidad de espuma.

Para poder contabilizar esta pérdida se hace uso de la herramienta SAP, ya que esta cuenta con una función, que les permite a los supervisores de línea notificar las veces que ocurran cualquiera de los eventos externos mencionados anteriormente. En la figura 18 se presenta una vista del sistema donde se ve la línea que se vio afectada por la falla, el tipo de líquido que se estaba corriendo y el motivo de la caída de los servicios.

Grupo de códigos	Ubicación técnica	Código	Descripción Material	Fecha	Dur.horas
SERVICIOS	LINEA 15	FALLA DE SERVICIO ELÉCTRICO (EXTERNO)	POLAR LIGHT RET	17.01.2018	04:00:00
	LINEA 11	FALLA DE SERVICIO ELÉCTRICO (EXTERNO)	POLAR PILSEN RE	17.01.2018	04:30:00
	LINEA 15	FALLA DE SERVICIO AIRE	POLAR LIGHT RET	18.01.2018	02:50:00
	LINEA 13	FALLA DE SERVICIO AIRE	POLAR PILSEN RE	18.01.2018	02:00:00
	LINEA 14	FALLA DE SERVICIO AIRE	POLAR LIGHT RET	18.01.2018	02:35:00
	LINEA 7	FALLA DE SERVICIO VAPOR	POLAR LIGHT RET	19.01.2018	04:30:00
	LINEA 13	FALLA DE SERVICIO VAPOR	POLAR PILSEN RE	19.01.2018	01:20:00
	LINEA 5	FALLA DE SERVICIO VAPOR	POLAR PILSEN RE	19.01.2018	01:20:00

Figura 18. Vista de la transacción OP_MOT_DESV_PM del sistema SAP para ver las líneas afectadas por las fallas externas al proceso.

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín (2018)

La manera en la que se contabilizó la merma por este concepto es por medio de una base de datos que se alimenta con la información obtenida por SAP donde se ve la línea afectada y el tipo de líquido derramado, la cual realiza un cálculo asumiendo que sin importar la duración de la parada se realizó el vaciado completo del calderín incluyendo lo contenido en las tuberías. Para el periodo de Enero-Febrero 2018 la cantidad de litros perdidos por este concepto se pueden apreciar en la tabla 10 mostrada a continuación.

Tabla 10. Cuantificación de la pérdida de líquido por derrame del calderín debido a las fallas externas del proceso.

Causas de pérdida de	Líquido						Total
	Light	Pilsen	Solera	Maltín	Ice	Maltín Light	
Fuerza mayor desalojo por humo en el galpon	334,00	1.552,00					1.886,00
Falla de servicio de aire	1.668,00	334,00					2.002,00
Falla servicio vapor	1.596,00	2.126,00			334,00		4.056,00
Falla servicio eléctrico (EXTERNO)	6.342,00	9.414,00	334,00	1.002,00			17.092,00
Falla servicio eléctrico	834,00	2.422,00				191,00	3.447,00
Total	10.774,00	15.848,00	334,00	1.002,00	334,00	191,00	28.483,00

Fuente: Barrios, F (2018)

Con los datos observados en la tabla 10, se tiene que la cantidad de litros perdidos por fallas externas al proceso fue de 28.483 litros, los cuales si se toma en cuenta la producción promedio para el periodo Enero-Febrero 2018 de 16.946.463,03 litros, representan un porcentaje de pérdida del 0,17%.

4.2.6 Priorización de las fuentes de merma de Líquido

Para lograr determinar cuáles son las fuentes de merma de líquido en el área de envasado de Cervecería Polar, San Joaquín, que tienen mayor impacto en el total de la misma, se usaron los valores de la cantidad de litros perdidos calculados por los porcentajes de pérdida determinados para cada una de las fuentes, sobre el total de producción durante el periodo de evaluación Enero-Febrero del 2018. Este resultado se puede evidenciar en la Gráfica 3 mostrada a continuación.

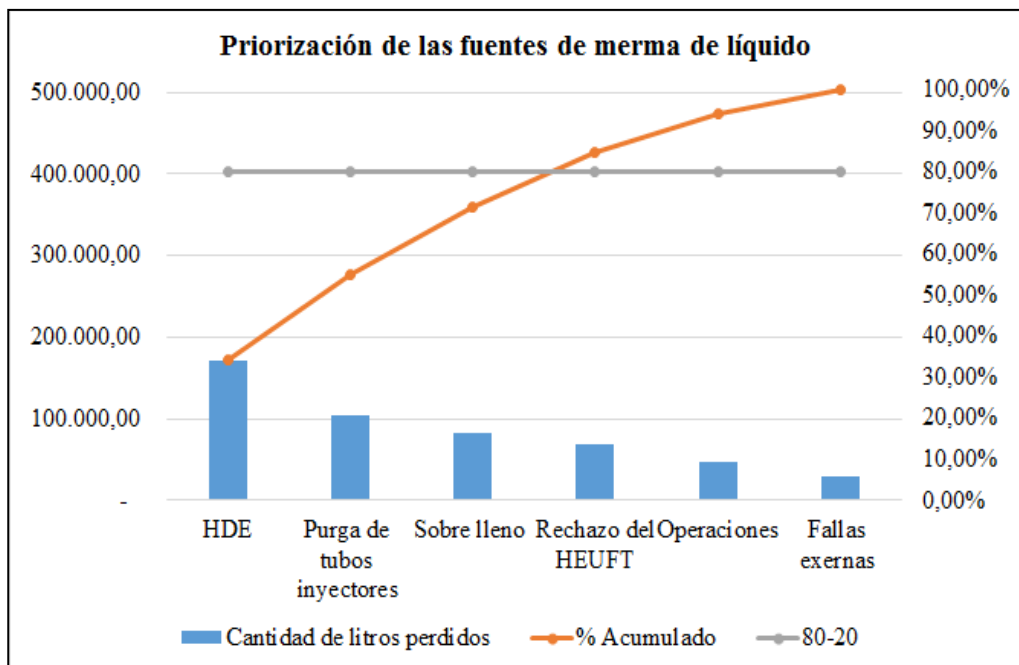


Gráfico 3. Priorización de las fuentes de merma de líquido en el área de envasado, para el estudio realizado durante Enero-Febrero 2018.

Fuente: Barrios, F (2018)

En este gráfico se evidencia que el 80% de las causas a las que se debe el mayor porcentaje de pérdida esta entre el sistema de inyección a alta presión y la purga de los

tubos inyectores, sin embargo, como esta última hace referencia a un valor teórico, es decir a los 1,6 ml por botella, se procede a hacer mayor hincapié en el volumen de llenado, puesto que esta es una variable si se puede trabajar para lograr disminuirla. De esta forma se puede determinar con mayor certeza cuáles son esas fuentes que están generando la mayor pérdida de cerveza y malta en las líneas de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

4.3 Fase 3: Implementación de un sistema de monitoreo de las fuentes de merma que permita evidenciar desviaciones y actuar oportunamente con el mínimo esfuerzo y en el menor de los tiempos.

Una vez cuantificada la cantidad de líquido perdido y determinado cual es el porcentaje que este representa sobre el total de la producción y el total de la merma, se procede a diseñar el sistema de control de variables, el cual le permitirá a el área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, llevar un monitoreo acerca del comportamiento de sus fuentes de merma ya identificadas, puesto que de esta forma se tendrá cuantificada la pérdida y se podrá detectar cualquier condición del proceso, en caso de que se altere alguno de los focos de estudio, permitiéndole actuar oportunamente.

Teniendo claro que es lo que se pretende lograr, se debe resaltar el hecho de que se está hablando de merma del producto y no del desperdicio, ya que su diferencia radica en que el desperdicio es algo que puede generar beneficio a la empresa dependiendo del uso que se le dé, en cambio la merma no, esta solo representa pérdida, puesto que este producto no puede ser reutilizado, es por esto que es importante mencionar que la merma siempre existirá pero se puede buscar garantizar que esta sea la mínima posible, lo cual se logra con un monitoreo y control de variables.

4.3.1 Sistema de monitoreo de las fuentes de merma

Para cumplir con lo anterior se hizo uso de la herramienta Circulo Deming puesto que esta es una técnica de mejora continua que permite la autoevaluación constante del proceso, para poder determinar cuáles son esos puntos que se destacan y trabajar en

ellos, esto se consigue por medio del seguimiento de sus cuatro etapas, es decir, Planificar (Plan), Hacer (Do) Verificar (Check) o Actuar (Act), de aquí sus siglas PHCA o PDCA. A continuación, se muestran los pasos que se llevan a cabo para conseguir la implementación del sistema.

4.3.1.1 Planificar (Plan):

En este punto resulta necesario definir el objetivo que se pretende alcanzar, el cual es la cuantificación y control de las fuentes de merma semana a semana, por lo que se debe definir cuáles son los parámetros operativos esperados para cada una de ellas, ya que de esta forma se garantizará que la pérdida sea la mínima posible, por esto se plantea lo siguiente:

Volumen de llenado alto o sobre lleno: Se pretende apuntar al volumen nominal de llenado, esto dependerá entonces de cada SKU, ya sea 250ml, 222ml, 300ml, 330ml, 355ml y 1500ml, por lo que se debe garantizar que la desviación estándar del nivel de llenado debe ser menor o igual que 2ml por botellas, de esta forma no se regalará el producto al cliente ni se sub llenarán las botellas, corriendo el riesgo de que estas sean rechazadas por los inspectores de botellas llenas.

Para esto se debe hacer uso de los valores de volumen de llenado de todas las semanas por cada llenadora y por SKU, los cuales son determinados en el Laboratorio de Calidad de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, por los analistas de calidad. Dicha información, será vaciada en una base de datos que realizará el cálculo de la cantidad de ml perdidos por botella y la cantidad de litros perdidos tomando en cuenta el total de producción de la semana. Seguidamente en otra base de datos alimentada por la información obtenida, se podrá comparar el comportamiento del volumen de llenado semana a semana, detectando de esta forma si ha habido mejoría alguna o si algún punto busca salirse de los parámetros.

Botellas rechazadas por el inspector de botellas llenas: De acuerdo con el proceso de envasado la cantidad de botellas rechazadas no debe ser mayor a 3 botellas de cada 2000 botellas producidas, por línea de producción, es por esto que su porcentaje de rechazo no debe superar el 0,15%. Razón por la cual debe darse importancia a lo

establecido anteriormente del cumplimiento de la desviación estándar menor o igual que 2 ml, puesto que estas dos fuentes de merma se encuentran estrechamente relacionadas.

La manera en la que se lleva a cabo la recopilación de los datos es por medio de la recolección de los valores estadísticos de los inspectores de botellas llenas de todas las líneas que se encuentren en producción, información que debe ser capturada mínimo tres veces a la semana por los analistas de confiabilidad del área de envasado, considerando el comportamiento del mismo durante los arranques de producción donde el rechazo suele ser más elevado, así como cuando la línea ya se encuentra estabilizada, ya que de esta forma se podrá obtener un promedio real de la pérdida del producto. Esta información alimentará una base de datos que permite por medio de un diagrama de Pareto detectar cuáles son las líneas a las cuales es necesario realizarle una inspección para atacar el problema que está generando que no se cumpla con los parámetros operativos.

Sistema de inyección de alta presión o HDE: De acuerdo con los especialistas en llenadoras KRONES y HK, la pérdida por este concepto no debe ser mayor a 1,5 ml por botella y la manera de conseguirlo es garantizando que las condiciones del sistema sean las adecuadas, cumpliéndose con lo que se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Parámetros para el sistema de inyección a alta presión o HDE.

Parámetros	Medidas
Merma por HDE.	En promedio 1,5 ml.
Nivel de Llenado sin HDE.	En promedio 1 ml o 2 ml por encima del volumen nominal según el SKU.
Diámetro de la boquilla de inyección de agua del sistema.	0,30 mm o 0,34 mm.
Presión de HDE	6 niveles de presión según la velocidad de la llenadora.
Temperatura del HDE	En promedio debe ser entre 82°C y 85°C.
Parada del HDE	Parada del sistema vez que pare la llenadora.

Fuente: Manual Krones, Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

En este caso debido a que su sistema de medición es muy complejo y amerita una gran cantidad de tiempo, lo que debe hacer el especialista en llenadoras es garantizar que se estén cumpliendo con los parámetros mostrados en la tabla 10, ya que solo de esta manera se podrá garantizar la menor merma posible por este concepto, además cada seis meses los analistas de calidad de la mano con el especialista en llenadoras del área de envasado, deberán realizar pruebas de volumen con y sin HDE para verificar que la pérdida por este concepto sea la mínima establecida. Sin embargo, el cálculo de la merma semana a semana de esta fuente se hace considerando el peor escenario, es decir que se utiliza la cantidad teórica de los mililitros que deben perderse por el HDE (1,5 ml), ya que no resulta viable realizar los cálculos de los mismos en periodos tan cortos de tiempo, debido a que es mayor la cantidad de litros que se pierden realizando las pruebas que el valor de la merma obtenida por este concepto como tal, este cálculo es realizado por una base de datos con respecto al total de producción de la semana de estudio. Por otra parte, semanalmente deberán realizar inspecciones de la maquina por medio de la observación directa para verificar que la botella este espumando justo antes de ser tapada y que no haya evidencia de líquido derramado en las llenadoras. En la figura 18 se puede apreciar el sistema de inyección a alta presión.



Figura 19. Sistema de inyección a alta presión.

Fuente: Barrios, F (2018)

Purga de tubos inyectoros: En este caso lo que se pretende es garantizar la cuantificación de la merma de líquido por este concepto, por lo que cada semana se debe multiplicar la cantidad de mililitros perdidos permitidos, es decir 1,6 ml/bot, por la cantidad de la producción semanal, para de esta forma conocer la pérdida por línea que genera la purga de los tubos inyectoros.

A su vez tanto los analistas de mantenimiento, como los analistas de calidad deben realizar observaciones directas de manera continua de este proceso con el propósito de garantizar que las llenadoras lo están efectuando, puesto que de lo contrario se puede correr el riesgo de producir sobre lleno en el nivel del volumen de llenado, regalándole de esta forma el producto a los clientes y por lo tanto aumentando el porcentaje de la merma.

Vaciado de los calderines por Operaciones en condiciones de arranque: Aunque lo que se espera es que no existan derrames del producto, en este caso resulta difícil eliminarlo, ya que este va a estar presente siempre que se haga el empuje del producto con agua, es por esto que la cuantificación de la cantidad de litros perdidos por este concepto, al igual que el caso de los tubos inyectoros, se realizará de manera teórica, tomando en cuenta el porcentaje de pérdida obtenido en la fase 2, en el punto 4.2.5, el cual fue del 0,28% en promedio para el total producido por las líneas de envasado, en el que se consideran siempre dos arranques a la semana por llenadora. Dicha información será calculada por una base de datos utilizada en Excel.

Vaciado de los calderines por fallas externas al proceso de envasado: El parámetro esperado para este concepto tiene que ser de cero pérdidas, puesto que el producto terminado, es decir la cerveza o la malta, nunca debe derramarse o al menos debe evitarse en todas las circunstancias que se presenten. Sin embargo, resulta necesario contabilizar cuanto es la pérdida por este concepto, ya que no hay forma de contrarrestarlo, motivo por el cual todas las semanas se debe tomar la información brindada por el sistema SAP en donde se ve si hubo falla de los servicios y cuáles fueron las líneas afectadas, esto con la finalidad de vaciar los valores obtenidos en una base de datos que hace el cálculo de la pérdida por este concepto de manera automática

, tomando en cuenta el peor escenario el cual es que se derrame todo el líquido contenido en el calderín y en las tuberías.

En la tabla 12 mostrada a continuación, se presenta un resumen de los parámetros operativos establecidos en esta primera etapa de planificación, los cuales definen la cantidad máxima de pérdida permitida en el área de envasado, así como los puntos que se deben cumplir para garantizar que la pérdida de cerveza y malta en dicha área sea lo mínimo establecido.

Tabla 12. Parámetros operativos para el área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Fuentes de merma	Parámetros Operativos
Volumen de llenado alto o sobre lleno	Apuntar al nominal, garantizando una desviación estándar menor o igual que 2ml por botella.
Rechazo por el inspector de botellas llenas	Porcentaje de rechazo menor o igual al 0,15%. Es decir, 2 botellas rechazadas por cada 2000 botellas producidas.
HDE o Sistema de Inyección a alta presión	1,5ml por botella.
Purga de tubos inyectoros	1,6ml por botella.
Vaciado del calderín por operaciones en condiciones de arranque	2 arranques por llenadora a la semana. Es decir 0.28% de pérdida permitido.
Vaciado del calderín por fallas externas al procedo de envasado	Deben ser 0 pérdidas

Fuente: Barrios, F (2018)

4.3.1.2 Hacer (Do)

Una vez determinado el plan de acción y los parámetros operativos que se pretenden cumplir se procede a realizar la recolección de los datos, siguiendo los pasos definidos en el punto anterior, con el propósito de obtener lo siguiente:

Volumen de llenado: Los días lunes de todas las semanas se recoge la información de los volúmenes de llenado realizados por el laboratorio de Calidad, para

luego vaciar la información recolectada en una base de datos, la cual permitirá obtener la diferencia en mililitros entre el volumen de llenado real y el volumen de llenado nominal, así como la desviación estándar de cada una de las líneas que se encontraban activas en el área de envasado durante la semana de estudio. Tal como se muestra en la tabla 13 anexa seguidamente, donde se observa un ejemplo del mes de Abril semana 16.

Tabla 13. Base de datos para determinar la desviación estándar y la diferencia de volumen de llenado real y nominal.

Tren	Semana	Producto	Presentación	DS Volumen	Prom Volumen	Cant vol encima del promedio	Llenadoras
T02	16	Light	355	2,51	354,62	-0,38	2L
T02	16	Light	355	2,38	353,82	-1,18	2P
T02	16	Pilsen	355	2,81	354,21	-0,79	2L
T02	16	Pilsen	355	3,18	354,79	-0,21	2P
T05	16	Pilsen	222	1,99	221,52	-0,48	5L
T05	16	Pilsen	222	0,86	220,83	-1,17	5M
T05	16	Pilsen	222	1,86	220,36	-1,64	5P
T06	16	Pilsen	330	2,48	331,99	1,99	6L
T06	16	Pilsen	330	3,01	331,94	1,94	6P
T11	16	Maltin	222	2,24	220,92	-1,08	11L
T11	16	Maltin	222	1,90	223,28	1,28	11P
T11	16	Pilsen	222	1,59	220,70	-1,30	11L
T11	16	Pilsen	222	1,86	221,90	-0,10	11P
T13	16	ICE	222	2,15	220,62	-1,38	13L
T13	16	ICE	222	2,80	221,59	-0,41	13P
T13	16	Light	222	3,53	221,28	-0,72	13L
T13	16	Light	222	2,59	223,33	1,33	13P
T13	16	Pilsen	222	0,99	220,52	-1,48	13L
T13	16	Pilsen	222	1,16	220,62	-1,38	13P
T15	16	Light	222	2,11	221,10	-0,90	15L
T15	16	Light	222	3,16	221,25	-0,75	15M
T15	16	Light	222	1,51	220,78	-1,22	15P
T15	16	Pilsen	222	3,84	221,87	-0,13	15L
T15	16	Pilsen	222	3,04	220,78	-1,22	15M
T15	16	Pilsen	222	3,07	220,80	-1,20	15P

Fuente: Barrios, F (2018)

Botellas rechazadas por el inspector de botellas llenas: Esta información es recolectada semanalmente mínimo tres veces a la semana, durante el arranque de la línea, una vez que esta es estabilizada y en los cortes de producción, tal como se explica en la fase de planificación. La información recolectada por cada línea de producción y por lo tanto por cada llenadora, es vaciada en una base de datos tal como se muestra en

la tabla 14, en donde se observa la información estadística que brinda la pantalla del inspector de botellas llenas, tal como lo es la cantidad de botellas producidas, procesadas y rechazadas, así como su valor porcentual. Para la tabla anexa se evidencian los datos del mes de abril para la semana 16.

Tabla 14. Base de datos de valores obtenidos por los Inspectores de Botellas Llenas

Tren	Llenadora	Semana	Envase Procesado	Envase Producido	Envase Rechazado	%Envase procesad	% Envase producid	%Envase rechazad
T15	15P	16	636.076,00	634.712,00	1.364,00	100%	99,79%	0,21%
T15	15M	16	427.617,00	426.942,00	675,00	100%	99,84%	0,16%
T15	15L	16	175.291,00	174.595,00	696,00	100%	99,60%	0,40%
T13	13P	16	308.202,00	307.924,00	278,00	100%	99,91%	0,09%
T11	11L	16	364.709,00	364.900,00	309,00	100%	99,92%	0,08%
T11	11P	16	319.720,00	318.874,00	846,00	100%	99,74%	0,26%
T06	6L	16	177.319,00	176.131,00	1.188,00	100%	99,33%	0,67%
T06	6P	16	148.203,00	146.600,00	1.603,00	100%	99,92%	1,08%
T13	13P	16	216.273,00	216.121,00	152,00	100%	99,93%	0,07%
T13	13L	16	123.148,00	122.798,00	350,00	100%	99,72%	0,28%
T11	11P	16	131.211,00	130.977,00	389,00	100%	99,82%	0,30%
T11	11L	16	130.621,00	130.232,00	389,00	100%	99,70%	0,30%
T06	6L	16	74.451,00	74.200,00	251,00	100%	99,66%	0,34%
T06	6P	16	55.972,00	55.338,00	634,00	100%	98,87%	1,13%
T05	5L	16	595.669,00	594.783,00	886,00	100%	99,85%	0,15%
T05	5M	16	628.972,00	628.558,00	414,00	100%	99,93%	0,07%
T05	5P	16	329.685,00	329.428,00	257,00	100%	99,92%	0,08%
T02	2L	16	1.483.702,00	1.472.475,00	11.227,00	100%	99,24%	0,76%
T02	2P	16	1.832.177,00	1.823.803,00	8.374,00	100%	99,54%	0,46%

Fuente: Barrios, F (2018)

Vaciado de los calderines por fallas externas al proceso de envasado: Esta información es recolectada tal como se explica en la etapa anterior, a través del sistema SAP, en el cual los supervisores registran las fallas externas al proceso que provocaron la parada de la línea y por lo tanto el vaciado del calderín. Esta información que se obtiene es descargada en una base de datos, tal como se muestra en la tabla 15, en la cual se coloca la semana de estudio, el líquido que se estaba envasando al momento de la falla, la causa del vaciado del calderín y luego se marca la cantidad de eventos registrados por línea de acuerdo con el tipo de líquido, de esta forma se realiza el

cálculo de manera automática de la pérdida por este concepto, en la cual se considera que por cada falla registrada se derramo todo el contenido presente tanto en el calderín como en las tuberías.

Para este caso se toma como ejemplo el mes de Marzo semana 12, puesto que para la semana 16 no se registró ningún evento por fallas externas al proceso de envasado que ocasionaran el vaciado del calderín.

Tabla 15. Base de datos de valores obtenidos por las fallas externas al proceso.

Semana	Líquido	Causa de pérdida de Líquido/o evento	L1	L2	L3	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	Total Líquido (lts)
12	Maltin	Falla servicio eléctrico (EXTERNO)										1					334,00
12	Pilsen	Falla servicio eléctrico (EXTERNO)				1											834,00
12	Light	Falla servicio eléctrico (EXTERNO)													1		834,00
12	Light	Falla servicio eléctrico														1	834,00
12	Ice	Falla servicio eléctrico (EXTERNO)												1			334,00
12	Pilsen	Falla servicio eléctrico (EXTERNO)							1								290,00
12	Pilsen	Falla servicio eléctrico (EXTERNO)					1										290,00

Fuente: Barrios, F (2018)

En el caso de la recolección de información para el resto de las fuentes de merma, al tratarse de cálculos con valores teóricos, es decir que estos no son susceptibles al proceso de envasado, como es el caso del sistema de inyección a alta presión, la purga de tubos inyectoros o el vaciado del calderín por operaciones de arranque, se requiere de conocer la producción total de la semana por línea, dicha información es obtenida por el sistema SAP y una vez se obtiene la misma, se vacía en una base de datos tal

como se muestra en la tabla 16, la cual está programada para realizar el cálculo automático de cada una de estas fuentes, determinado la cantidad de litros perdidos así como su porcentaje, a su vez para el caso del HDE realiza la discriminación entre los materiales, ya que hay que recordar que para el caso de malta no se aplica el sistema de inyección a alta presión.

Tabla 16. Base de datos para el cálculo de la pérdida por sistema de inyección a alta presión y por purga de los tubos inyectoros.

Sem	Tren	Producción en cajas	Producto	Presentación	Perdida HDE	%Perdida HDE	Perdida Purga tubos inyectoros	%Perdida Purga tubos inyectoros
16	T11	94.453,00	Pilsen	222	5.100,46	0,68%	5.440,49	0,72%
16	T11	37.772,00	Maltin	222	-	0,00%	2.175,67	0,72%
16	T13	24.774,00	Pilsen	222	1.337,80	0,68%	1.426,98	0,72%
16	T13	22.300,00	ICE	222	1.204,20	0,68%	1.284,48	0,72%
16	T13	91.376,00	Light	222	4.934,30	0,68%	5.263,26	0,72%
16	T02	6.441,00	Light	355	231,88	0,42%	247,33	0,45%
16	T02	6.227,00	Pilsen	355	224,17	0,42%	239,12	0,45%
16	T05	192.075,00	Pilsen	222	10.372,05	0,68%	11.063,52	0,72%
16	T05	5.498,00	Pilsen	222	296,89	0,68%	316,68	0,72%
16	T06	56.395,00	Pilsen	330	2.030,22	0,45%	2.165,57	0,48%
16	T15	15.357,00	Pilsen	222	829,28	0,68%	884,56	0,72%
16	T15	120.542,00	Light	222	6.509,27	0,68%	6.943,22	0,72%
16	T15	10.283,00	Light	222	555,28	0,68%	592,30	0,72%

Fuente: Barrios, F (2018)

Por último, para el cálculo de la cantidad de litros perdidos por concepto de vaciado del calderín por operaciones al momento del arranque de la línea, se debe multiplicar el 0,28% establecido anteriormente por la cantidad total de litros producidos para la semana de evaluación. Para el caso de la semana 16 el total de litros producidos fue de 5.424.813,01 litros por lo que la merma por este concepto es de 15.189, 48 litros.

De esta forma se obtienen todos los datos necesarios de cada una de las fuentes de merma para poder proceder con la siguiente etapa.

4.3.1.3 Verificación (Check)

En este paso se procede a realizar una revisión de la información recolectada en la etapa *Hacer (Do)* con respecto a los parámetros operativos definidos en la etapa de *Planificación (Plan)*, esto con el fin de determinar si se están alcanzando los objetivos planteados o de ocurrir lo contrario permite identificar donde se está presentando la incongruencia. Para llevar a cabo esta etapa se realiza lo explicado a continuación:

Volumen de llenado alto: Con la información recolectada en la etapa anterior se obtienen datos que permiten evaluar en este caso el tema del volumen de llenado alto, ya que por medio de la misma y con la utilización de herramientas como gráficos y diagramas de control se puede analizar el estado actual de las líneas de producción del área de envasado con respecto a este concepto, así como también brinda la oportunidad de detectar aquellas líneas que no están cumpliendo con los parámetros operativos, permitiendo actuar oportunamente para solventar el problema. A continuación, se muestran los gráficos utilizados para llevar a cabo la verificación de esta fuente de merma:

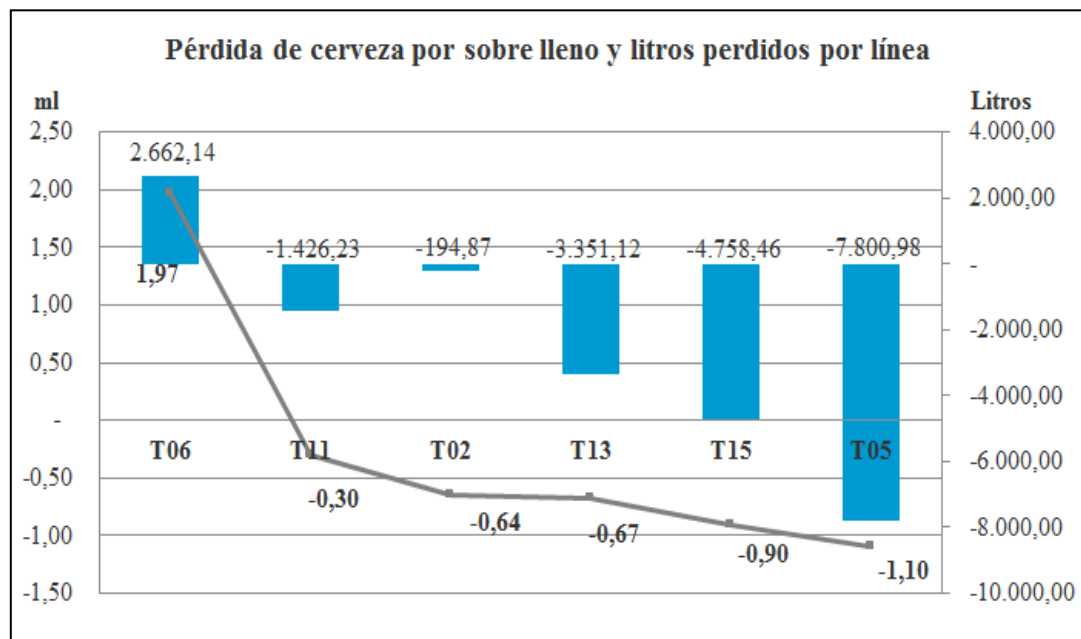


Gráfico 4. Cantidad de litros perdidos por línea por concepto de sobre lleno para el mes de Abril semana 16.

Fuente: Barrios, F (2018)

En el gráfico 4 se muestra la diferencia promedio en mililitros entre el volumen de llenado real y el volumen de llenado nominal, así como la cantidad de litros perdidos por este concepto por cada línea de producción de envasado que se encuentre activa durante la semana de estudio, siendo estos reflejados con la línea gris y las barras azules respectivamente. Por medio de este gráfico el especialista en llenadoras puede detectar si dichos equipos están realizando el llenado apuntando al nominal o por el contrario se está corriendo el riesgo de sobre llenar o sub llenar la botella, siendo ambas fuentes que generan la merma del producto, de esta forma el especialista reconoce en cuales llenadoras debe hacer foco.

A su vez, es utilizada una como herramienta de verificación el gráfico 5, el cual permite conocer el comportamiento de las llenadoras semana a semana.

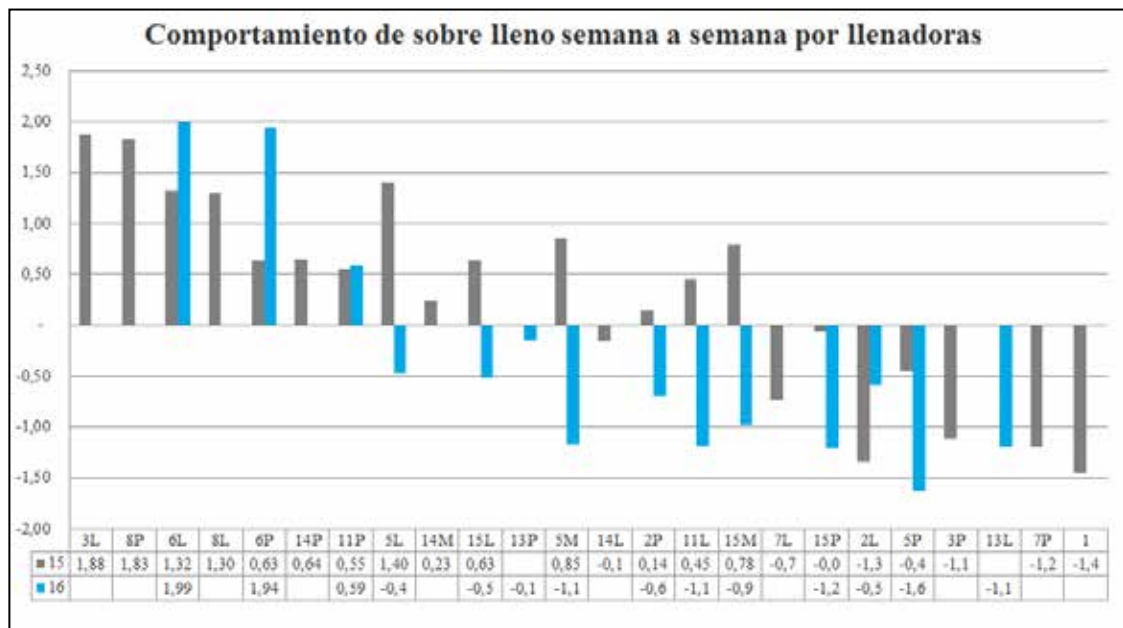


Gráfico 5. Comportamiento de sobre lleno o sub lleno de las llenadoras del área de envasado semana a semana.

Fuente: Barrios, F (2018)

En este gráfico 5, se evidencia el comportamiento de sobre lleno o sub lleno de la semana actual de estudio (barras azules) con respecto al de la semana anterior (barras grises), esto, con el propósito de que de esta forma el especialista en llenadoras logre ver si sus equipos se mantienen estables o si por lo contrario estos salen de control, así

puede conocer en que llenadora debe enfocarse. Por ejemplo, para la gráfica mostrada se puede apreciar como aumenta la cantidad de mililitros por concepto de sobre lleno, en ambas llenadoras del tren seis, indicándole al especialista que estos son los equipos en los que debe trabajar para hacer correcciones oportunamente.

Por otra parte, para ver cómo se encuentra la desviación estándar para las líneas de envasado durante la semana de estudio se presenta la siguiente gráfica, en donde se verifica si la desviación estándar cumple con los parámetros operativos, es decir, que esta debe encontrarse en un rango menor o igual a 2 ml.

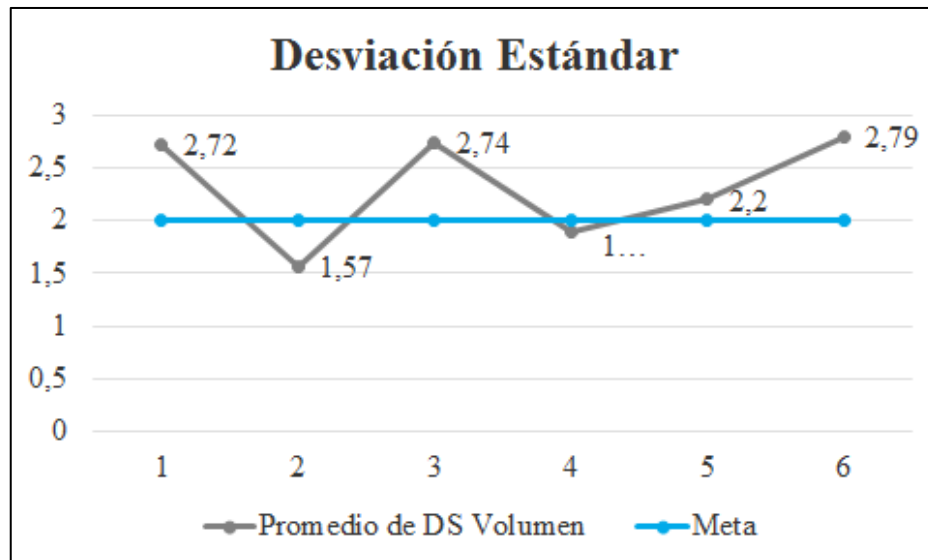


Gráfico 6. Gráfico de control de la desviación estándar del volumen de llenado.
Fuente: Barrios, F (2018)

Es importante resaltar que los datos que alimentan las gráficas mostradas anteriormente fueron tomados de la semana 16 del mes de Abril.

Botellas rechazadas por el inspector de botellas llenas: En este caso lo que se busca es comprobar que el rechazo de los inspectores de botellas llenas (HEUFT) sea menor o igual al 0,15% del total producido. Para esto se hace uso de un diagrama de Pareto en el que se puede evidenciar cómo se comportan las líneas de envasado con respecto a este concepto, identificando aquellas que generan el mayor rechazo.

En el gráfico 7 se muestra un ejemplo del rechazo de botellas llenas para el caso de las líneas que se encontraban en producción durante la semana 16, mes de Abril. Destacando que la información que brinda dicho gráfico es de cada una de las llenadoras, permitiendo verificar cuáles de estas cumplen con el parámetro operativo definido, el cual se encuentra demarcado por una línea roja, tal como se muestra a continuación.

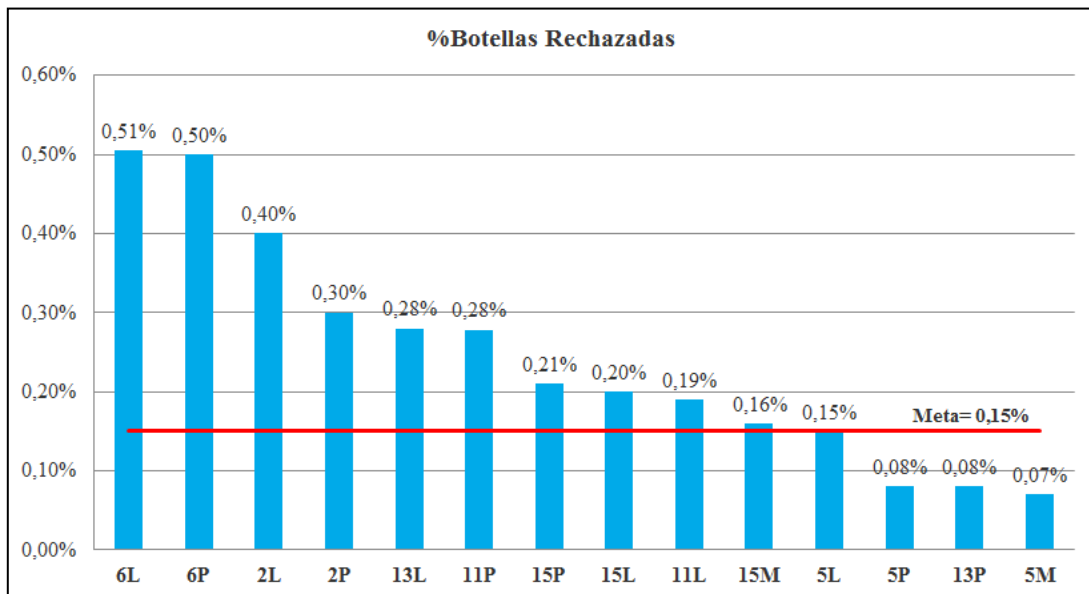


Gráfico 7. Porcentaje de rechazo de botellas llenas por llenadora.
Fuente: Barrios, F (2018)

Analizando el gráfico, el especialista en llenadoras es capaz de detectar cuáles son las líneas o llenadoras que están generando la mayor pérdida de líquido, en este caso se puede evidenciar que se debe hacer foco principalmente en ambas llenadoras de la línea 6 con el propósito de identificar cual es la causa que está generando estos resultados. A su vez para que el especialista tenga un control sobre cuál es el comportamiento de la merma con respecto a este punto, hace uso del grafico 8 mostrado a continuación, en el que puede evaluar los porcentajes de rechazo de cada llenadora semana a semana, y de esta forma detectar si hay alguna mejoría o empeoramiento del proceso, con el fin de poder actuar oportunamente ante esto.

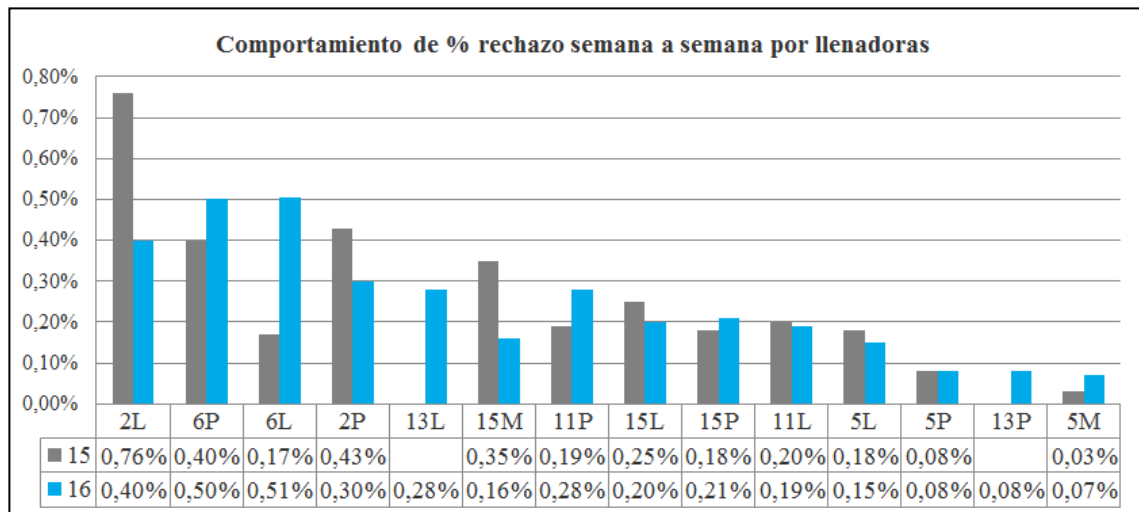


Gráfico 8. Comportamiento del porcentaje de rechazo de botellas llenas por llenadora semana a semana.

Fuente: Barrios, F (2018)

En el gráfico 8 se muestra el comportamiento del porcentaje de rechazo de botellas llenas durante la semana 16, es decir la semana utilizada para el estudio actual, con respecto a la semana 15, permitiéndole de esta forma al especialista poder evidenciar por ejemplo en el caso del tren 2, que las medidas tomadas para disminuir el rechazo dieron resultado puesto que este bajó en un 0,36%, consiguiendo de esta forma obtener mejores resultados.

Es importante destacar que de este mismo modo se realiza el análisis de cada una de las líneas llevando a cabo las respectivas comparaciones entre los resultados obtenidos cada semana, ya que de esta forma el especialista sabe en qué puede actuar y a su vez verificar el cumplimiento del objetivo, es decir un rechazo menor o igual al 0,15%.

Sistema de inyección de alta presión o HDE: Aunque para este punto lo que se garantiza semana a semana es contabilizar la cantidad de litros perdidos de cerveza tomando en cuenta que la pérdida es en el peor escenario de 1,5 ml por botella. Cada seis meses deben llevarse a cabo pruebas de volumen de llenado con y sin HDE en el laboratorio de calidad, tomando muestras por cada válvula de llenado de cada llenadora, con el propósito de verificar si se está cumpliendo con lo establecido.

Para el periodo del mes de Abril se llevaron a cabo estas pruebas tomando en cuenta que las condiciones del sistema de HDE fueran las adecuadas, ya que para las muestras tomadas durante el mes de febrero arrojaron un resultado con una pérdida de casi el doble de lo aceptable. Con esta prueba se obtuvo lo siguiente que se muestra en la tabla 17:

Tabla 17. Verificación de la cantidad de mililitros perdidos por concepto de HDE.

Tren	Llenadora	Producto	Presentación	Vol prom sin HDE (ml/bot)	Vol prom con HDE (ml/bot)	Diferencia (ml/bot)
T05	5L	Cerveza	222	222,91	221,82	1,09
T05	5M	Cerveza	222	223,93	222,59	1,34
T05	5P	Cerveza	222	222,99	222,15	0,84
T06	6L	Cerveza	330	330,58	329,61	0,97
T06	6P	Cerveza	330	331,67	331,33	0,34
T08	8L	Cerveza	330	333,09	331,96	1,13
T08	8P	Cerveza	330	331,27	330,67	0,60
T13	13L	Cerveza	222	222,63	221,44	1,19
T13	13P	Cerveza	222	222,61	221,38	1,23
T14	14L	Cerveza	222	223,01	222,78	0,23
T14	14M	Cerveza	222	223,74	222,20	1,54
T14	14P	Cerveza	222	223,09	221,75	1,34
T15	15L	Cerveza	222	226,04	225,15	0,89
T15	15M	Cerveza	222	223,11	222,56	0,55
T15	15P	Cerveza	222	221,17	219,86	1,31
			Total diferencia en ml promedio			0,97

Fuente: Barrios, F (2018)

Finalmente, con los resultados mostrados en la tabla 17, se verifica que cada línea este cumpliendo con el parámetro establecido. En este caso se evidencia que la pérdida por este concepto para el periodo del mes de Abril, por cada línea de producción es en promedio de 0,97 ml por botella, los cuáles deben mantenerse aproximadamente iguales, siempre que el especialista en llenadoras, de la mano con los operadores de estos equipos, se encargue de garantizar que los parámetros del sistema de inyección a alta presión sean los adecuados, además se debe considerar que el juego en la estrella de manejo a la salida de la llenadora sea el mínimo posible. En la figura 20 se muestra un ejemplo de dicha estrella.



Figura 20. Estrella de salida de la llenadora.

Fuente: Barrios, F (2018)

Vaciado del calderín por fallas externas al proceso de envasado: Para este punto lo que se espera es que no ocurra el vaciado de los calderines, esto quiere decir que el objetivo establecido es una pérdida de 0 litros. Sin embargo, como sobre esta causa no se puede actuar directamente, debido a que esta no está involucrada al proceso, se debe llevar un registro cuantificando litros perdidos por este concepto, por medio de la base de datos utilizada en la fase anterior, la cual permite la recolección de la información pertinente a esta fuente de merma, gracias a esto se obtiene la información mostrada en el grafico 9, permitiendo realizar un monitoreo de la cantidad de litros perdidos por este concepto, identificando fácilmente si en cada semana se cumplió o no con lo establecido en los parámetros operativos.

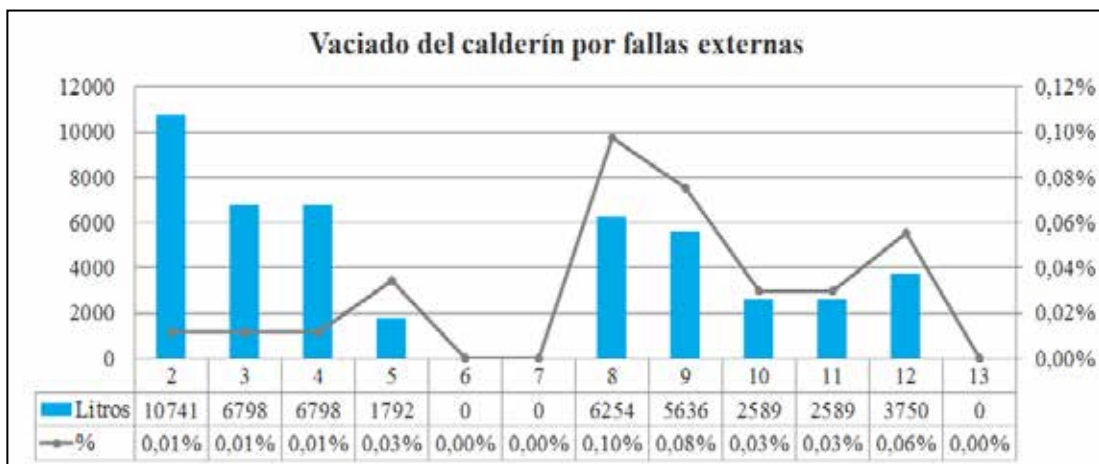


Gráfico 9. Vaciado de los calderines por fallas eléctricas.

Fuente: Barrios, F (2018)

En este caso la verificación no se realiza por llenadora, ya que esto va a depender de las líneas que estén en producción durante la semana de estudio, pues esta pérdida no se debe a alguna falla de los equipos involucrados en el llenado de las botellas, sino que se trata de una situación ajena al proceso la que lo afecta.

Para el caso de la pérdida por purga de tubos inyectores y el vaciado de los calderines por operaciones de arranque, debido a que se calculan usando un valor teórico, no hay parámetros operativos que comprobar semana a semana, pero a pesar de esto, si resulta necesario ver la contribución que tiene cada una de las fuentes de merma, para esto se hace uso de un gráfico de torta tal como se muestra a continuación, haciendo uso para el ejemplo de los resultados de la semana 16, mes de Abril.

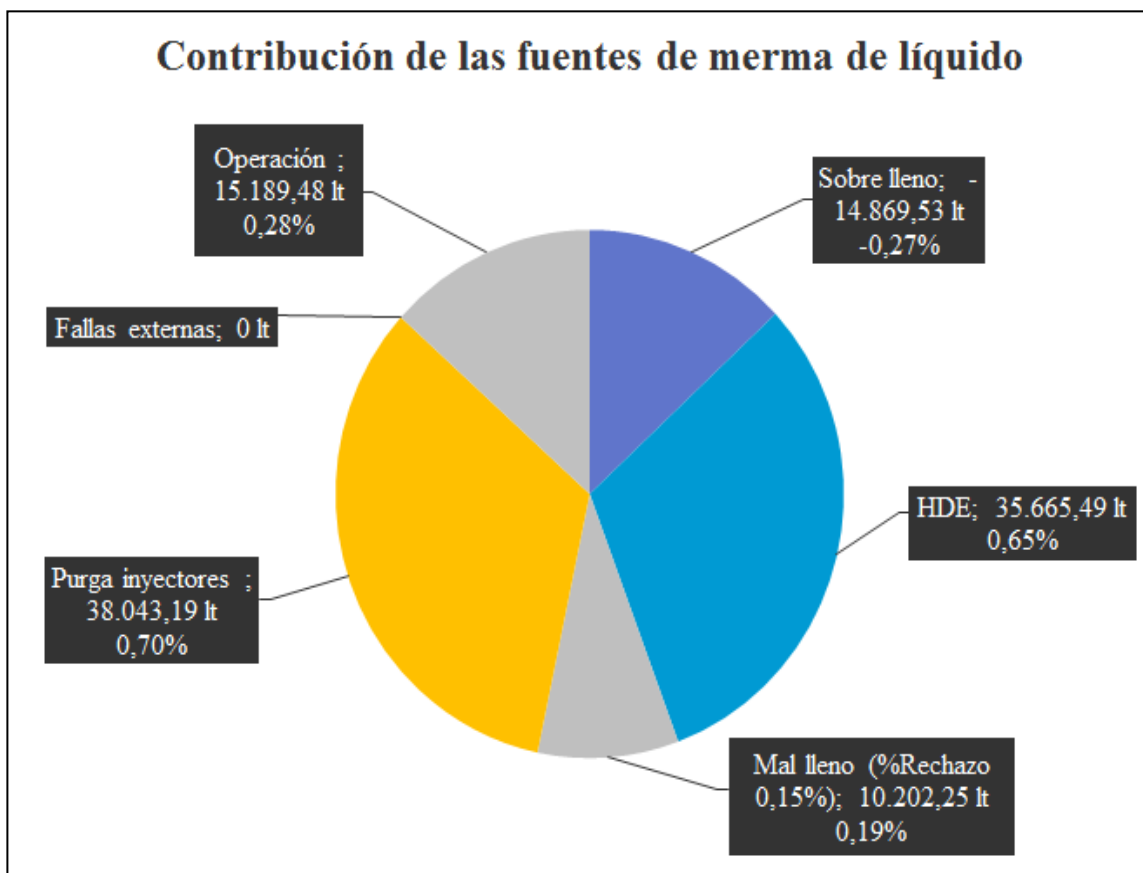


Gráfico 10. Contribución de las fuentes de merma.

Fuente: Barrios, F (2018)

4.3.1.4 Actuar (Act):

Una vez evaluado el cumplimiento de los resultados verificados anteriormente, se procede a trabajar sobre ellos. En el caso de que se hayan cumplido con los parámetros operativos establecidos de las fuentes de merma, debe repetirse el ciclo cada semana, ya que de esta forma se trabaja en la mejora continua del proceso. Sin embargo, si se presenta el caso de que no se cumplió con lo planteado, se deben tomar acciones correctivas que permitan atacar las debilidades encontradas tales como:

- Realizar una revisión del estado de los componentes que generan problemas en el volumen de llenado, como el caso de las gomas de tulipa, gomas deflectoras y tubos inyectores, para conocer si se están haciendo sus reemplazos de acuerdo con los planes de mantenimiento.
- Revisar y corregir aquellas desviaciones que tienen incidencia en el funcionamiento de las llenadoras, generando la pérdida del producto, como es el caso de los platos de transferencia, sensores de llenado, órganos de elevación, acometida de tapa, entre otras.
- Revisar la programación y ejecución de los mantenimientos cíclicos de aquellos componentes que tienen gran participación en la merma del producto, como es el caso de las válvulas de llenado.
- Garantizar que los tubos inyectores de las llenadoras de cada tren sean los mismos, para corregir niveles de volumen de llenado y desviaciones estándar.

Después de haber identificado las oportunidades de mejoras y los logros obtenidos, se debe tomar nota de las observaciones detectadas, con la finalidad de corregir y repetir el ciclo, garantizando de esta forma la constante evaluación de las fuentes de merma de líquido, por medio de este sistema que permite monitorear muy de cerca el comportamiento de las mismas semana a semana, identificando fallas importantes en las llenadoras de todas las líneas de producción, cumpliendo con los parámetros operativos determinados, garantizando de esta forma la disminución de la pérdida de cerveza y malta.

En este orden de ideas y una vez desarrollado la manera en la que se implementa el Circulo de Deming (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) en el área de envasado de cerveza y malta de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, se resalta el objetivo que se pretende alcanzar con esta implementación, el cual es contar con un sistema de control de variables que permita tener un monitoreo y cuantificación de las fuentes de merma de líquido identificadas en el área de envasado, esperando de esta forma obtener resultados favorables tanto en el indicador de la merma de envasado como en sus costos.

4.4 Fase 4: Evaluación de la relación Costo-Beneficio de la implementación de un sistema de control de variables, con el fin de disminuir el porcentaje de pérdida de producto en envasado.

En esta fase se procede a realizar el estudio económico de la implementación del sistema de control de variables de las fuentes de merma de líquido en el área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, esto con el propósito de poder evaluar la factibilidad del proyecto, lo cual se determina por medio del cálculo tanto de los costos e inversiones realizadas, como de los beneficios y ahorros obtenidos.

Para poder llevar a cabo el desarrollo de esta fase, es necesario resaltar que debido al tema de hiperinflación que atraviesa el país hoy en día, para llevar a cabo el análisis económico de la implementación del sistema de control de variables en el presente trabajo de grado, se consideraron los costos y beneficios tanto en bolívares como en dólares, ya que de esta forma se podrá obtener una mejor apreciación de los resultados obtenidos, tomando en cuenta que la duración del proyecto fue durante el periodo de Diciembre 2017 hasta Junio 2018, llevado a cabo en Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

En la tabla 18 anexa a continuación se muestra el precio aproximado del dólar libre en bolívares de cada mes, que fue utilizado para la conversión de todos los cálculos de costos de esta fase como recomendación de la empresa.

Tabla 18. Precio del dólar durante el 2017 y 2018.

Mes	Costo del Dólar
ene-17	3541
feb-17	4321
mar-17	3451
abr-17	4280
may-17	6080
jun-17	7873
jul-17	11185
ago-17	17730
sep-17	29146
oct-17	41.194,00
nov-17	97.192,00
dic-17	115.265,00
ene-18	235.782,00
feb-18	215.855,00
mar-18	235.417,00
abr-18	800.000,00
may-18	1.915.000,00
jun-18	2.600.000,00

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

4.4.1 Estimación de costos.

Ahora bien, para comenzar el estudio económico, es necesario determinar los costos que se generaron durante el periodo de desarrollo e implementación del sistema de control de variables de las fuentes de merma en el área de envasado. Estos se presentan a continuación:

- Sueldo de un pasante durante un periodo de 7 meses, es decir desde Diciembre de 2017 hasta Junio de 2018, ya que esta fue la persona que se encargó tanto del desarrollo del estudio como de la implementación. Estos costos son mostrados en la tabla 19.

Tabla 19. Sueldo pasante durante Diciembre 2017- Junio 2018.

Mes	Precio dólar libre	Sueldo (bs)	Sueldo (\$)
Diciembre	115.265,00	600.000,00	5,21
Enero	235.782,00	600.000,00	2,54
Febrero	215.855,00	1.200.000,00	5,56
Marzo	235.417,00	3.000.000,00	12,74
Abril	800.000,00	3.000.000,00	3,75
Mayo	1.915.000,00	4.000.000,00	2,09
Junio	2.600.000,00	8.000.000,00	3,08
	Total	20.400.000,00	34,97

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

- Para el estudio de la determinación de la cantidad de mililitros perdidos por concepto del sistema de inyección a alta presión o HDE, se llevaron a cabo pruebas de peso-volumen en el Laboratorio de Calidad de Envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, tomando muestras de todas las válvulas de llenado con y sin HDE, las cuales son consideradas como pruebas destructivas, ya que se debe botar todo el líquido contenido en las botellas. En la tabla 20 se muestra los trenes de producción a los cuales se les realizó el estudio tomando en cuenta la cantidad de llenadoras por línea, así como el cálculo de la cantidad de litros perdidos y el costo que este representa en bolívares, considerando el precio del líquido de la cerveza el cual se fue brindado por la empresa, para este caso las pruebas se realizaron con líquido Pilsen.

Tabla 20. Costo del total de pruebas destructivas en bolívares.

Tren	Cant llenadoras	Cant válvulas/llenadora	Cant bot/caja	Cant litros/caja	Muestras (bot)	Muestras (cajas)	Muestras (litros)	Muestras (Bs)
T05	3	130	36	7,992	1560	43	346	2.917.591,82
T06	2	88	24	7,92	704	29	232	1.957.192,57
T08	2	88	24	7,92	704	29	232	1.957.192,57
T13	2	130	36	7,992	1040	29	231	1.945.061,21
T14	3	130	36	7,992	1560	43	346	2.917.591,82
T15	3	130	36	7,992	1560	43	346	2.917.591,82
				Totales	7128	218	1734	14.612.221,81

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Para el cálculo de los costos mostrados en la tabla 17 se consideró que se llevaron a cabo dos pruebas, una en el mes de Febrero con el propósito de determinar la situación actual de la cantidad de mililitros perdidos por este concepto y la otra en el mes de Abril con el fin de evaluar el mismo concepto, solo que esta vez se consideraron las condiciones adecuadas del sistema. Para determinar cuánto fue el costo de ambas pruebas, se tomó el total en bolívares el cual se mantuvo constante y se dividió entre dos, a su vez se consideró el precio del dólar libre tanto para febrero como para Abril. Esto se puede apreciar en la tabla 21 anexa a continuación:

Tabla 21. Costo total en bolívares y dólares de las pruebas destructivas.

Mes de la Prueba	Costo Prueba (Bs)	Costo Prueba (\$)
Febrero	7.306.110,90	33,85
Abril	7.306.110,90	9,13
Total	14.612.221,81	42,98

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

- Tras realizar una evaluación del sistema de inyección a alta presión de todas las llenadoras de envasado, se detectó una oportunidad de mejora en el tren 08, puesto que este sistema se encontraba trabajando con una sola presión, lo que causaba que al momento en el que la llenadora arrancaba tras haber parado por cualquier motivo, la presión del HDE era muy elevada con respecto a la velocidad de la misma, lo que generaba que el líquido de la botella espumara más de lo debido, afectando en cada arranque a un aproximado de 12 botellas, botando de esta forma una gran cantidad de producto, ocasionando el rechazo por el HEUFT ya que las botellas quedaban con un nivel de llenado muy bajo. Es por esto que se realizó una mejora, instalando un regulador que le permitiera al sistema trabajar con una presión de HDE a una velocidad baja de la llenadora, y otra con presión a una velocidad más elevada. De esta forma se logró solventar el problema, controlando tanto el rechazo por el inspector de botellas llenas, así como la cantidad de mililitros perdidos por el sistema de inyección a alta presión y los costos asociados se muestran en la tabla 22, tomando en cuenta el costo del dólar para el mes de marzo que fue el momento en el que se implementó la mejora:

Precio Dólar Libre mes de Marzo: 235.417,00Bs

Tabla 22. Costo de modificación del sistema de HDE del T08.

Tren	Materiales	Costo (Bs)	Costo (\$)
T08	Filtro Regulador	365.904.000,00	457,38
	Manómetro	3.208.920,00	4,01
	Conector de codo	28.661.569,07	35,83
	Válvula Solenoide	724.445.000,00	905,56
	Total	1.122.219.489,07	1.402,77

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

- Para el cálculo de la pérdida por concepto de tubo inyector se fabricó un dispositivo que facilitó la cuantificación de la cantidad de mililitros perdidos por este concepto. Este fue fabricado durante en el mes de marzo y su costo se muestra en la tabla 23 adjuntada a continuación.

Precio Dólar Libre mes de Marzo: 235.417,00Bs

Tabla 23.Costo de fabricación de dispositivo usado para prueba.

Tren	Material	Costo (Bs)	Costo (\$)
T06	Fabricación de dispositivo para cuantificar pérdida por tubo inyector	5.580.000,00	23,70

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Una vez descritos cada uno de los costos asociados a la implementación del sistema de control de variables en el área de envasado, durante el periodo de 7 meses de desarrollo del mismo, se procede a totalizar los cada un de estos tanto en bolívares como en dólares, los cuales se encuentran mostrados en la tabla 24.

Tabla 24. Costos totales de la implementación en bolívares y dólares

Descripción	Costo (Bs)	Costo (\$)
Sueldo Pasante	20.400.000,00	34,97
Pruebas destructivas	14.612.221,81	64,88
Modificación T08	1.122.219.489,07	1.402,77
Dispositivo para prueba	5.580.000,00	23,70
Total	1.162.811.710,88	1.526,33

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

4.4.2 Estimación de Beneficios.

Para la determinación de los beneficios se procede a realizar una evaluación del indicador de merma de líquido de cerveza y malta para el área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín durante el periodo 2017, así como los costos que este representaba, demostrando a su vez la relación en dólares, tomando como precio del dólar los mostrados en la tabla 18. De esta forma se presentan en la tabla 25 lo planteado anteriormente.

Tabla 25. Comportamiento del indicador y costos de la merma de líquido durante el periodo 2017.

	Merma envasado 2017	Costo merma (Bs)	Costo merma (\$)
ene-17	4,6	45.729.683,09	12914,34146
feb-17	4,1	38.114.183,46	8820,685828
mar-17	5,1	77.570.901,82	22477,80406
abr-17	3,9	60.133.240,51	14049,82255
may-17	4,2	101.240.431,42	16651,38675
jun-17	5,6	226.244.909,18	28736,81051
jul-17	4,0	146.801.220,58	13124,82973
ago-17	4,4	199.789.327,04	11268,43356
sep-17	4,4	210.033.275,79	7206,247025
oct-17	4,8	280.534.100,54	6810,071868
nov-17	3,6	331.242.975,37	3408,130045
dic-17	5,8	751.606.430,77	6520,682174
	PROMEDIO	205.753.389,97	12665,7705

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Del mismo modo se presenta una tabla con el comportamiento del indicador de merma de líquido, así como los costos que este representa tanto en bolívares como en dólares, a partir del momento en el que se comienza con la implementación del sistema de control de variables, obteniendo como resultados los valores mostrados en la tabla 26 anexa a continuación:

Tabla 26. Comportamiento del indicador y costos de la merma con la implementación del sistema de control de variables.

	Merma envasado 2018	Costo merma (Bs)	Costo merma (\$)
ene-18	5,2	597.377.427,78	2.533,60
feb-18	4,2	435.562.933,37	2.017,85
mar-18	3,6	521.829.886,19	2.216,62
abr-18	3,5	754.356.370,51	942,95
may-18	3,3	3.076.930.001,40	1.606,75
jun-18	3,0	4.271.700.035,17	1.642,96
	PROMEDIO	1.609.626.109,07	1826,79

Fuente: Cervecería Polar, Planta San Joaquín.

Para comprender de mejor forma los resultados obtenidos en las tablas 24 y 25, se realiza el análisis tomando en cuenta los datos dolarizados. Considerando esto, se tiene que la pérdida mensual promedio durante el periodo 2017 era de 12.665,77 \$, una vez implementado el sistema de control de variables de las fuentes de merma de envasado, esta pérdida mensual promedio paso a ser de 1.826,79 \$, representado un total perdido durante los primeros seis meses del 2018 de 10.960,73 \$. En caso de no haber hecho la implementación y considerando el promedio de pérdida durante el 2017 se tiene que en estos seis meses la pérdida hubiese representado un total de 75.994,62\$ aproximadamente, lo que, tomando en cuenta el total perdido luego de la implementación, esto representa un ahorro de 65.033,89 \$, es decir del 85,58%.

A su vez el análisis del beneficio lo podemos evaluar analizando el comportamiento del indicador por medio de las siguientes gráficas mostradas a continuación, en las cuales se observa tanto la conducta del mismo, así como la de aquellas fuentes de merma identificadas en el área de envasado, más vulnerables al proceso, como es el caso del volumen de llenado y el rechazo por el inspector de botellas llenas.

En la gráfica 11 se muestra la tendencia descendiente del indicador de merma de líquido con la implementación del sistema de control de variables.

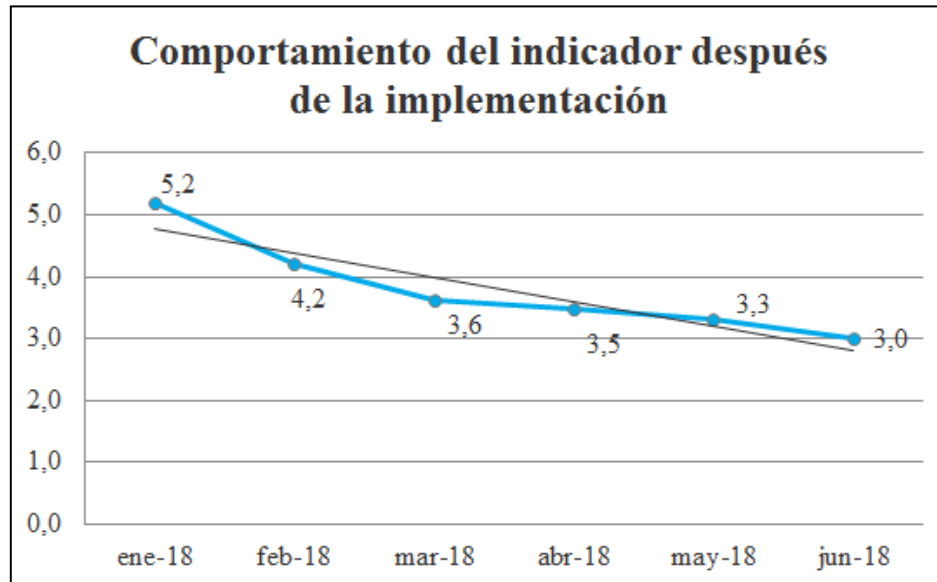


Gráfico 11. Indicador de merma con la implementación.
Fuente: Barrios, F (2018)

A continuación, se muestran las gráficas 12, 13 y 14, en las cuales se puede evidenciar el comportamiento tras haber llevado a cabo la implementación de las fuentes de merma más susceptibles del proceso, es decir aquellas en las cuales intervienen una serie de variables que se pueden controlar para disminuir el porcentaje de pérdida.

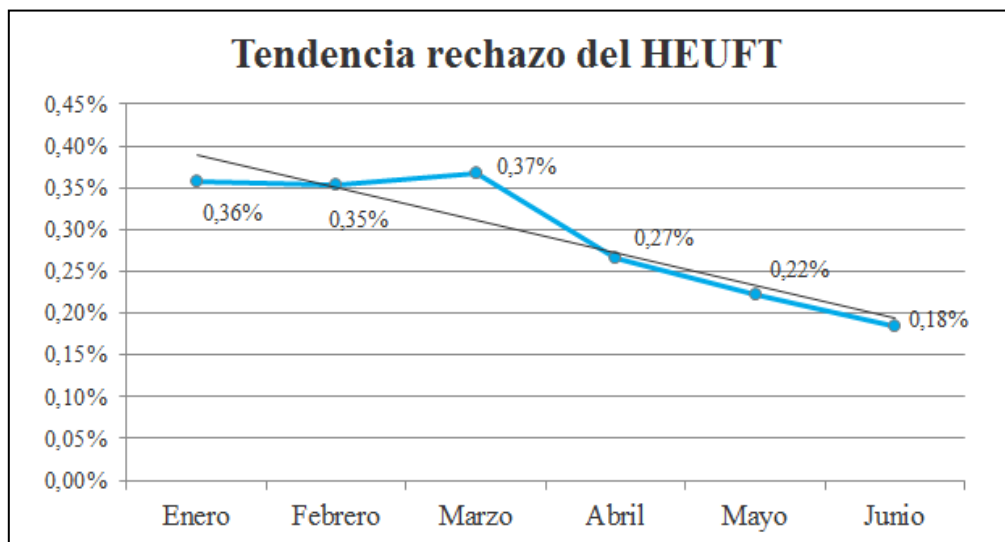


Gráfico 12. Comportamiento del rechazo del HEUFT con la implementación
Fuente: Barrios, F (2018)

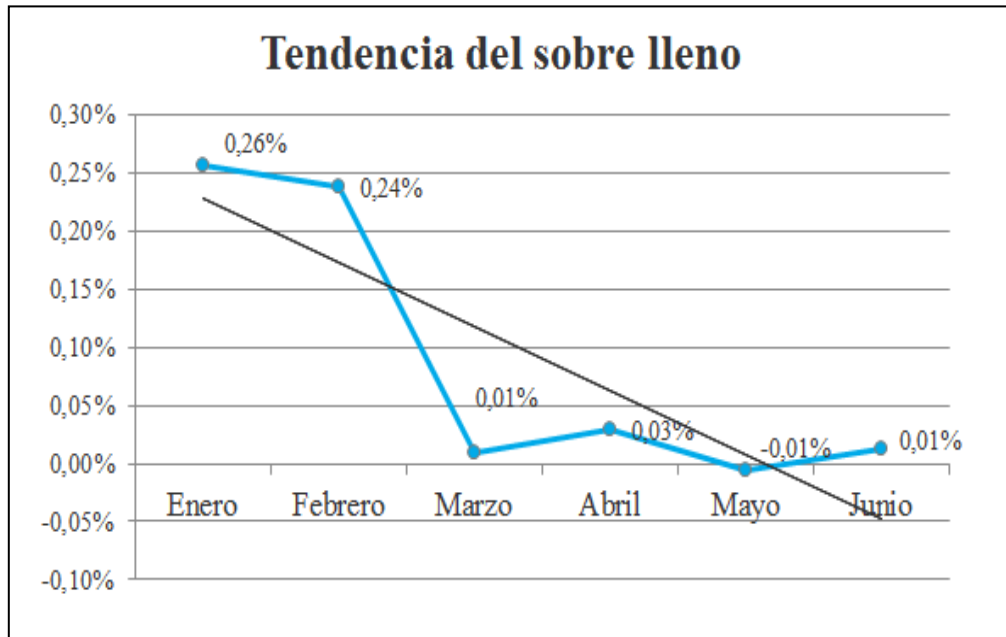


Gráfico 13. Comportamiento del volumen de llenado alto o sobre lleno con la implementación.

Fuente: Barrios, F (2018)

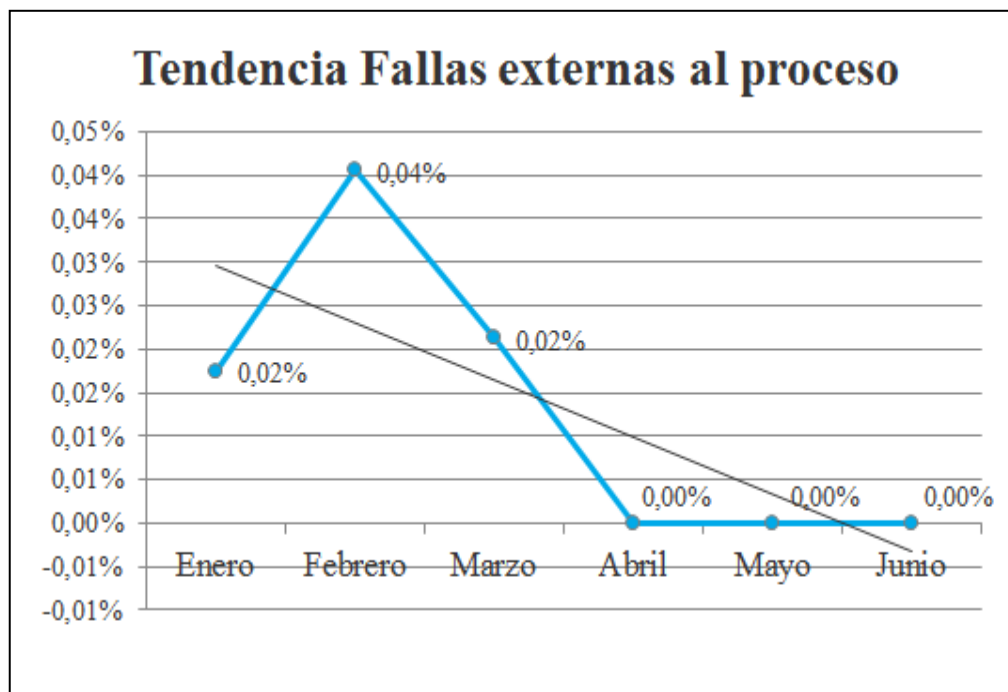


Gráfico 14. Comportamiento de tendencia de fallas externas.

Fuente: Barrios, F (2018)

Realizando el análisis de las gráficas de las tendencias de las fuentes de merma mostradas anteriormente se puede evidenciar que estas son descendentes, por lo que se nota una coincidencia con la disminución del indicador de merma del área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín, logrando observar a simple vista los resultados notorios, tras haber desarrollado la implementación de este sistema que permite el monitoreo, cuantificación y control de aquellas variables que ocasionan la pérdida del producto. Obteniendo como resultado la reducción del indicador de merma en un 16,48%, valor que se obtiene por medio de la diferencia entre el valor promedio del indicador durante el año 2017 el cual fue de 4,5 y el valor promedio del indicador una vez realizada la implementación el cual es de 3,8, dicha diferencia entre el promedio del indicador del 2017 nos presenta la disminución del indicador de forma porcentual siendo esta del 16,48% tal como se mencionó anteriormente.

4.4.3 Análisis Beneficio/Costo.

Una vez obtenido los costos involucrados en la implementación del sistema de control de variables y luego de haber calculado los beneficios económicos tras el desarrollo de dicha implementación, se procede a realizar el cálculo Beneficio/Costo del proyecto con el propósito de determinar su factibilidad para la organización. Para esto, se tiene que la mejora obtenida durante el periodo de Enero 2018- Junio 2018 es de 65.033,89\$, por lo que el beneficio mensual es de 10.838,98\$ y los costos involucrados en dicha implementación son de un total de 1.526,33\$, teniendo claro esto se puede obtener la relación B/C por medio de la siguiente fórmula:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} = \frac{10.838,98 \text{ \$/mes}}{1.526,33\$} = 7,10$$

Con el resultado obtenido se puede concluir que la implementación del sistema de control de variables de las fuentes de envasado es factible para la empresa puesto que la relación B/C da un resultado positivo, garantizándole a la empresa que, por cada dólar invertido, esta se ahorrará 7,10\$. Teniendo claro esto, se procede a realizar el cálculo de la tasa de retorno, el cual le permitirá saber a la empresa en cuanto tiempo recuperará el dinero invertido. El cálculo se realiza por medio de la formula mostrada

a continuación, en donde se consideran los costos como la inversión que realizó la empresa:

$$Tasa\ de\ Retorno = \frac{Inversión}{Beneficios} = \frac{1.526,33\$}{10.838,98\ \$/mes} = 0,14meses$$

El resultado obtenido representa el tiempo que le tomó a la empresa recuperar el dinero invertido para la implementación del sistema de control de variables, el cual fue en un periodo de 0,14 meses, es decir en un total de 5 días.

CONCLUSIONES

Tras haber realizado el desarrollo de las fases de investigación, las cuáles se plantearon para llevar a cabo el presente trabajo de grado que tiene como objetivo general “*Desarrollar un Sistema de control de Variables en el área de envasado de Cerveza y Malta en Cervecería Polar, Planta san Joaquín para la disminución de la pérdida del producto*”, debido a que se evidenciaba que el indicador de merma de líquido del área de envasado se encontraba elevado, causando a su vez el aumento de sus costos, motivo por el cual se procede a realizar un estudio para determinar tanto las causas que generan la pérdida del producto en el proceso, como para determinar a su vez de qué manera se puede garantizar un control sobre las mismas. Teniendo claro esto se procede a realizar un análisis de las conclusiones obtenidas en cada fase:

Fase 1: En esta se realizó un estudio por medio de herramientas como la observación directa y entrevistas no estructuradas, que permitieron diagnosticar cuáles son las fuentes de merma presentes en el área de envasado de cerveza y malta. A su vez, con el fin de conocer cómo se encontraba la situación actual de la empresa por concepto de la merma del producto, se hizo un análisis del comportamiento del indicador de merma de líquido y los costos que este generaba con información brindada por la empresa, en la que se evidenció la tendencia ascendente del mismo.

Fase II: Se procede a realizar la identificación del porcentaje de impacto que genera cada una de las fuentes de merma ya detectadas en la fase I, por medio de pruebas que permitieron conocer la cantidad de litros perdidos por cada fuente, esto con el propósito de poder priorizar cuál de ellas genera la mayor pérdida del producto, a través del uso de un Diagrama de Pareto. En esta fase se concluyó que las fuentes que generan la mayor pérdida del producto son: por concepto de la purga de tubos inyectoros y por el sistema de inyección de alta presión. Sin embargo, estas son cuantificadas por medio de un valor teórico, motivo por el cual debe hacerse foco principalmente en las pérdidas por concepto de volumen de llenado y por el rechazo

del inspector de botellas llenas, puesto que estas son más vulnerables, ya que en ellas intervienen una gran cantidad de variables del proceso que se pueden controlar.

Fase III: Se realiza la implementación del Circulo de Deming la cual debe llevarse a cabo todas las semanas, ya que con esta herramienta se puede llevar un monitoreo del comportamiento de las fuentes de merma de cerveza y malta del área de envasado, permitiendo evidenciar desviaciones de las mismas, brindándole de esta forma al especialista en llenadoras conocer en que llenadora deberá hacer foco actuando oportunamente, para hacer que las fuentes de merma se encuentren en norma con los parámetros operativos identificados en esta fase.

Fase IV: Aquí se lleva a cabo el estudio económico de la implementación del sistema de control de variables en el cual se determinó por medio de la relación Beneficio/Costo, que el proyecto es factible para la empresa y el tiempo que le tomará recuperar la inversión realizada será en un total de 5 días. Además, dicha implementación permitió disminuir el indicador de merma de líquido en un 16,48%, lo que conlleva a una reducción de sus costos en un 85,58%.

Una vez analizadas y concluidas cada una de las fases de investigación, hace necesario resaltar que debido a los resultados notorios que se han obtenido, es viable continuar con la implementación de dicho sistema, porque de esta forma se perdigue la mejora continua del proceso.

RECOMENDACIONES

Una vez realizadas las conclusiones, se procede con el planteamiento de las recomendaciones las cuales pueden ser implementadas a futuro por el área de envasado de Cervecería Polar, Planta San Joaquín:

- Continuar con la implementación del sistema de control de variables, para conseguir obteniendo mejores resultados, por medio de la continua evaluación de las fuentes de merma ya identificadas.
- Realizar más estudios para continuar detectando aquellos puntos que pueden estar generando la pérdida de líquido en el área de envasado con el propósito de poder controlarlo.
- Activar nuevamente los sensores ubicados en las llenadoras que se encargan de mandarle una señal al sistema Activplant al momento en el que ocurre el vaciado del calderín, ya que de esta forma se podrá llevar un registro más detallado acerca de cada cuanto se derraman los calderines, permitiendo a su vez la cuantificación de la cantidad de litros perdido por este concepto.
- Retomar y actualizar el manual del ABC de operaciones de las llenadoras, ya que se pudo evidenciar que los operadores encargados de manejar estos equipos trabajan de acuerdo a su experiencia, motivo por el cual cada uno tiene su forma de realizar un arranque o corte de producción, lo que genera consigo la pérdida del producto.
- Realizar un estudio para identificar los puntos de corte de producción en las salas de lleno, ya que de esta forma se podrá tomar una decisión con certeza del momento en el que deben informar a filtración que no manden más producto y comience el empuje con agua, sin correr el riesgo de que la línea se quede sin botellas y por lo tanto el producto se pierda o que por lo contrario se mande el corte del líquido muy pronto y se corra el riesgo de envasar malta o cerveza diluida.

- Activar los flujómetros y conductímetros que se encuentran en la tubería de producto a la entrada de la llenadora, ya que estos equipos le serán de gran ayuda a los llenadores en los momentos de los arranques de producción, ya que con estos podrán identificar en que instante deja de pasar agua por la tubería y llega la cerveza para comenzar a envasar.
- Llevar un control de inventario de los tanques de gobierno, entendiéndose por esto como el almacén de producto terminado del área de Elaboración, es decir, en donde se encuentra el líquido listo para envasar, ya que no hay forma de validar que la cantidad de litros mandados al envasado llegan realmente.

REFERENCIAS

- Arias, F. (2006). **El proyecto de investigación, introducción, a la metodología científica**. Editorial: Episteme, C.A. 5ta edición. Caracas, Venezuela.
- Casanova, C (2014). **Diseño de un modelo de gestión que permita medir y controlar la pérdida de material de empaque para reducir los costos de fabricación en línea no retornable 1 de C.A Cervecería Regional**. Valencia.
- De Sousa, K (2013), **Evaluación y Propuesta de reducción de desperdicio de producción de cigarrillos en Cigarrera Bigott**. Caracas.
- Gardey, A (2008). **Conceptos básicos y terminología de control de variables**. Disponible en: <http://www.unet.edu.ve/~jlrodriguezp/ctrlterm.pdf>.
- Morales, V (1994). **Planteamiento y análisis de la investigación**. El dorado ediciones. Caracas. Venezuela
- Núñez, A (2010). **Elementos básicos de un diagrama de Pareto**. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-howto/quality-and-process-improvement/quality-tools/supporting-opics/pareto-chart-basics/>
- Ortega, E (2012). **Manual sistemas de control y tipos**. Disponible en: <http://materias.fi.uba.ar/6722/SISTCONTRPRIM2003.pdf>
- Parella Stracuzzi, S y Martins Pestana, F (2010). **Metodología de la investigación cuantitativa**. Editorial: FEDUPEL. 3ra Edición. Caracas
- Pérez, D (2008). **Sistema de control: Elementos componentes, variables, función de transferencia y diagrama funcional**. Disponible en: http://iespoetaperez.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/Sistemas_de_control.pf.
- Sabino C. (1986) . El proceso de investigación. Editorial: Humanitas.
- Sales, M (2002). **Diagrama de Pareto**. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/diagrama-de-pareto/>

Tamayo y Tamayo. M (1997). **El proceso de la investigación científica**. Editorial:
Limusa. Mexico

Universidad Simón Rodríguez (1980). **Manual de herramientas metodológicas para la investigación**. Caracas. Venezuela.

Universidad de Champagnat (2002). **Los histogramas y como usarlos**. Argentina-

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (1998). **Metodología de la investigación**. Caracas. Venezuela.

Vásquez, R (2016). **Propuesta de mejora para la reducción de productos defectuosos en una planta de producción de neumáticos aplicando la metodología Six Sigma**. Perú.