



UNIVERSIDAD  
**SAN IGNACIO  
DE LOYOLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial**

**ESTUDIO DE MÉTODOS PARA INCREMENTAR LA  
PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE ENVASADO DE  
CERVEZA 819 DE PLANTA HUACHIPA DE LA  
COMPAÑÍA CERVECERA AMBEV PERÚ, A PARTIR  
DE LA REDUCCIÓN DE LA MERMA DE EXTRACTO**

**Tesis para optar el Título profesional Ingeniero Industrial y  
Comercial**

**GRECIA ROMANI FLORES**

**Asesor:**

**Carlos Rojas Ramos**

**Lima – Perú**

**2016**

## **ABSTRACT**

This paper describes the analysis, diagnosis and improvement proposal in the packaging process in the Peruvian plant of the biggest beer company in the world.

This investigation intends to set forth alternatives of solution for improving low productivity on beer packaging lines caused by loss of malt extract in Peruvian processing plants, using engineering tools such as, histograms, Pareto analysis and Ishikawa diagrams.

These alternatives of solution proposed are based on the improvement of methods used in packaging process and in the control of those methods.

## **DEDICATORIA**

Le dedico esta tesis a mi familia a quienes les dedico todos mis logros, ya que gracias a ellos he llegado a ser la persona que soy. A mi papá, por confiar siempre en mí y haberme motivado de forma constante para luchar por mis sueños. A mi mamá, por apoyarme en todo momento, por su amor incondicional y por sus oportunos consejos. A mi pequeña hermana Belen por alegrarme hasta en los días más difíciles con sus ocurrencias y travesuras.

Y a José Luis por su apoyo incondicional, por estar conmigo en los buenos y en los malos momentos dándome ánimos para seguir a delante.



## INDICE DE CONTENIDO

<b>INDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>III</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>IV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
<b>1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
1. PÉRDIDAS FIJAS	2
2. PÉRDIDAS VARIABLES	4
3. ANÁLISIS DE IMPACTO DE LAS VARIABLES EN LA MERMA DE EXTRACTO DE MALTA	5
4. ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA MERMA DE EXTRACTO	9
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>12</b>
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>12</b>
1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	12
1.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	12
1.3.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	13
1.3.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	13
<b>1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
1.4.1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA	13
1.4.2. DELIMITACIÓN SECTORIAL	14
1.4.3. DELIMITACIÓN POR PROCESOS	14
1.4.4. EXCLUSIONES	14
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>15</b>
<b>2.1. MARCO HISTÓRICO</b>	<b>15</b>
<b>2.2. MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>18</b>
2.2.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	18
2.2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	18
2.2.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	18
2.2.4. OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	19
2.2.5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	19
2.2.6. RELACIONES ENTRE VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	20

2.2.7.	MATRIZ DE CONSISTENCIA _____	22
2.3.	ASPECTOS TEÓRICOS RELACIONADOS CON LA INVESTIGACIÓN ____	24
2.3.1.	PRODUCTIVIDAD _____	24
2.3.2.	INGENIERÍA DE MÉTODOS _____	24
2.3.3.	HERRAMIENTAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS _____	25
2.3.4.	DETERMINAR EL TAMAÑO DE UNA MUESTRA _____	28
2.4.	SEMÁNTICA, TÉRMINOS Y DEFINICIONES _____	30
<b><i>CAPÍTULO III: ESTADO DEL ARTE</i></b> _____		<b>33</b>
<b><i>CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE SOLUCIÓN</i></b> _____		<b>34</b>
4.1.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN _____	34
4.1.1.	NIVEL BAJO DE LLENADO _____	34
4.1.2.	CORTES DE PRODUCCIÓN _____	47
4.1.3.	ARRANQUES DE PRODUCCIÓN _____	55
1.1.	VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LAS PROPUESTAS PLANTEADAS ____	67
<b><i>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i></b> _____		<b>68</b>
2.1.	CONCLUSIONES _____	68
2.2.	RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES _____	69
<b><i>BIBLIOGRAFÍA</i></b> _____		<b>71</b>
<b><i>ANEXOS</i></b> _____		<b>73</b>
ANEXO 1: MUESTRA PARA EVALUAR NIVEL BAJO INICIAL DE LLENADORAS		73
ANEXO 2: PROPUESTA DE CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS DE LLENADO _____		74

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Pareto: Estratificación de la merma de extracto – Primer semestre 2015...	7
<b>Ilustración 2.</b> Impacto del nivel bajo en el indicador de merma de extracto - Primer semestre del 2015. ....	8
<b>Ilustración 3.</b> Impacto de los cortes de producción en el indicador de merma de extracto – Primer semestre 2015.....	8
<b>Ilustración 4.</b> Impacto de la quiebra generada por el pasteurizador en el indicador de merma de extracto – Primer semestre 2015. ....	9
<b>Ilustración 5:</b> Ejemplo de histograma. ....	26
<b>Ilustración 6:</b> Ejemplo de diagrama de Causa-Efecto.....	27
<b>Ilustración 7:</b> Ejemplo de análisis de Pareto.....	28
<b>Ilustración 8.</b> Merma de extracto por nivel bajo de llenado - Primer semestre 2015.....	35
<b>Ilustración 9.</b> Gráfico de frecuencia, volumen inmetro de la muestra.....	39
<b>Ilustración 10.</b> Diagrama sobre recorrido de cerveza por tuberías, desde las bombas de envío de líquido hacia las llenadoras. ....	48
<b>Ilustración 11:</b> Diagrama causa-efecto del alto porcentaje de merma en los cortes de producción. ....	49
<b>Ilustración 12.</b> Diagrama causa-efecto del alto porcentaje de merma en los arranques de producción. ....	60

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estratificación de merma de extracto de malta - Primer semestre 2015.....	6
<b>Tabla 2.</b> Costos de producción del formato Brahma 630 ml. en soles - Primer semestre 2015 .....	11
<b>Tabla 3.</b> Cálculo de pérdida por la merma de extracto - Primer semestre 2015.....	11
<b>Tabla 4.</b> Matriz de consistencia. ....	22
<b>Tabla 5.</b> Composición de la cerveza. ....	30
<b>Tabla 6.</b> Resultados obtenidos de observación inicial de nivel bajo.....	36
<b>Tabla 7.</b> Resultados de la muestra. ....	38
<b>Tabla 8.</b> Tabla de frecuencia, volumen inmetro de la muestra.....	38
<b>Tabla 9.</b> Diagrama causa-efecto del alto porcentaje de merma por variabilidad en el volumen inmetro, nivel bajo de llenado. ....	41
<b>Tabla 10.</b> Resultados luego de la aplicación de la propuesta de solución 1.....	43
<b>Tabla 11.</b> Resultados luego de la aplicación de la propuesta de solución 1.....	44
<b>Tabla 12.</b> Evaluación económica de simulación de merma al 2.26%.....	45
<b>Tabla 13.</b> Evaluación económica luego de la aplicación de la propuesta de solución uno. ....	45
<b>Tabla 14.</b> Cálculo de ahorro propuesta de solución uno. ....	45
<b>Tabla 15.</b> Diagrama de flujo propuesto del procedimiento de corte de producción. ....	51
<b>Tabla 16.</b> Resultados luego de la simulación de la propuesta dos.....	52
<b>Tabla 17.</b> Resultados luego de la implementación de la propuesta uno.....	53
<b>Tabla 18.</b> Resultados de la simulación de la propuesta dos. ....	53
<b>Tabla 19.</b> Cálculo de ahorro propuesta dos. ....	54
<b>Tabla 20.</b> Diagrama de flujo inicial del procedimiento de arranque de producción. ....	57
<b>Tabla 21.</b> Diagrama de flujo propuesto del procedimiento de arranque de producción. ...	62
<b>Tabla 22.</b> Resultados luego de la simulación de la propuesta tres.....	64
<b>Tabla 23.</b> Resultados luego de la implementación de la propuesta uno.....	65
<b>Tabla 24.</b> Resultados de la simulación de la propuesta tres. ....	65
<b>Tabla 25.</b> Cálculo de ahorro propuesta tres. ....	66

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación busca proponer alternativas de solución para mejorar la productividad de una línea de envasado de cerveza, por medio de la reducción de la merma de extracto a lo largo del proceso de envasado.

El primer capítulo del presente documento detalla en principio el planteamiento y la formulación del problema de estudio y describe las condiciones en la que se encuentra la línea de envasado estudiada, al primer semestre del 2015. Se expone de manera ordenada los puntos de pérdida de cerveza en el proceso de envasado y el impacto que tiene cada factor de pérdida en el indicador de merma de extracto de malta. Además, se explica la justificación de la importancia del estudio del problema y se determina delimitaciones y exclusiones de la investigación.

Asimismo en el segundo capítulo se presentan; el marco histórico; el marco metodológico, donde se definen las hipótesis; aspectos teóricos que han servido como apoyo para el desarrollo de la investigación y la semántica que se encontrará lo largo de este documento.

En el tercer capítulo se citan investigaciones anteriores al presente documento sobre temas similares que ayudarán al estudio del problema planeado y las alternativas de solución planteadas.

En el capítulo cuarto se exponen las alternativas de solución que la presente investigación a determinado como métodos ideales para las condiciones vigentes, asimismo presenta las ventajas y limitaciones de las propuestas planeadas.

Finalmente, en el último capítulo se presentan las conclusiones de la investigación y las recomendaciones que la presente investigación considera pertinentes.

# **ESTUDIO DE MÉTODOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE ENVASADO DE CERVEZA 819 DE PLANTA HUACHIPA DE LA COMPAÑÍA CERVECERA AMBEV PERÚ, A PARTIR DE LA REDUCCIÓN DE LA MERMA DE EXTRACTO.**

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El proceso de envasado es la última etapa para la producción de cerveza. Es de mucha importancia ya que asegurará que el producto mantenga los estándares de calidad que el mercado espera del mismo; olor, color, brillo, efervescencia, inocuidad, etc.

A lo largo del proceso de envasado de cerveza se producen mermas de extracto de malta, las cuales tienen alto impacto en los costos de producción del líquido. Por cada kilo de malta se puede producir en forma teórica X litros de cerveza, debido a la pérdida de extracto se producen solo  $X - Y$  litros, donde Y es un valor positivo. El margen que representa los Y litros de cerveza que se dejan de envasar y comercializar, es lo que afecta directamente en las utilidades brutas de la compañía.

La merma de extracto en la línea de envasado se genera a partir del proceso de llenado y taponado. A continuación se presenta la descripción de las pérdidas de extracto fijas y variables durante el proceso de envasado.

#### **1. PÉRDIDAS FIJAS**

En las llenadoras se genera una pérdida de cerveza fija por las purgas de líquido en cada arranque y corte de producción, además de los cambios de embalaje y cambios de sabor.

##### ***1.1. Arranques de producción***

Al preparar las llenadoras para envasar se tiene que purgar cierta cantidad de cerveza, procedimiento que es necesario porque antes de hacer ingresar cerveza

a la cúpula (o tasa) de la llenadora se busca tener las condiciones adecuadas para el líquido que son; baja temperatura ( $< 2^{\circ}\text{C}$ ), poca presencia de oxígeno (18 ppb) y presión de  $\text{CO}_2$  constante (de 1.8 a 2.20 bar según padrón operacional) que asegura la no presencia de oxígeno durante todo el tiempo que se tenga cerveza en las llenadoras. Un concepto importante de resaltar es que la cerveza debe tener el menor contacto posible con el oxígeno para evitar el sabor de avejentado en el producto terminado.

Para conseguir las condiciones antes descritas en la llenadora, para cada arranque, incluyendo cambio de sabor, se enfrían las tuberías y la cúpula con agua desaereada helada (que tiene presencia de oxígeno), luego se envía  $\text{CO}_2$  para desplazar el agua y el oxígeno que se puedan encontrar en las tuberías y la cúpula, se presuriza la tasa de llenado y las tuberías con  $\text{CO}_2$  y recién en este punto se envía la cerveza desde el área de filtración hacia cada llenadora.

El primer flujo de cerveza que llega por las tuberías debe ser purgado antes de que entre en las llenadoras pues llega a la línea de envasado con temperatura elevada ( $> 2^{\circ}\text{C}$ ), espuma, restos de agua y alta presencia de oxígeno. Al no contar con un sistema automatizado para hacer las purgas la línea 819 depende del factor humano, es el operador el que debe controlar la cantidad de cerveza que se está drenando y la merma de extracto que se pierde en esta operación. Lo más perjudicial es que es frecuente que la cantidad de cerveza purgada varíe dependiendo del operador que realice el procedimiento, por la falta de estandarización de los procesos y el desdoblamiento de los mismos a todos los operadores de las llenadoras. De esta manera se hace más difícil en la línea de envasado un correcto balance de masa pues el volumen de merma no es siempre el mismo.

En el primer semestre del 2015 la merma de extracto por arranques de producción sumó una pérdida total de 302.05 hectolitros de cerveza, como se puede observar en la tabla 1.

### **1.2. Cortes de producción**

Al terminar una producción la cerveza que queda remanente en las tuberías y en las cúpulas de las llenadoras es retornada a filtración mediante un procedimiento de empuje con  $\text{CO}_2$ . La cerveza que es recuperada es direccionada a un tanque pulmón de almacenamiento momentáneo (llamado tanque de cabezas y colas),

para luego ser reutilizado durante el próximo ciclo de filtración por el área de elaboración de cerveza.

En el primer semestre del 2015 la merma de extracto fue de 1718.55 hectolitros por las pérdidas fijas en los cortes de producción.

## **2. PÉRDIDAS VARIABLES**

### ***2.1. Volumen inmetro – sobre llenado***

Los parámetros y las condiciones de las llenadoras son los que determinan el volumen que se envasa en cada botella. Se debe mantener un volumen inmetro lo más cercano al mostrado en la etiqueta del producto, sin embargo, la línea 819 tiene una alta variabilidad en el volumen de envasado con una media por encima del volumen de etiqueta, lo que genera constante pérdida en cada botella envasada. Esta pérdida represento un total de 331.20 hectolitros en el primer semestre como se evidencia en la tabla 1.

### ***2.2. Variabilidad en el volumen de llenado – nivel bajo de llenado***

Este factor está relacionado a la alta variabilidad del volumen inmetro, aunque la media está por encima del valor de la etiqueta, la línea presenta picos por debajo del límite inferior permitido por la ley peruana (615 ml., para el formato 630 ml.), lo que genera botellas envasadas que van a descarte como merma del proceso.

El primer semestre del 2015 en total se perdieron 2129.70 hectolitros como merma del proceso de envasado solo por nivel bajo, como se muestra en la tabla 1.

### **2.3. Quiebra – PZ, transportes a la salida del PZ y rotuladoras**

El mayor inconveniente que tiene la línea 819 durante el desarrollo de la presente investigación es su alto indicador de quiebra en la zona caliente de la línea de envasado, que impacta directamente a la merma de extracto y, por tanto, a la productividad. Esta quiebra es generada en el PZ (pasteurizador) y a la salida del equipo.

El PZ instalado en la línea usa una tecnología llamada paso peregrino, con un sistema de grellas para transportan las botellas dentro del equipo. Por el tiempo de vida útil del mismo y por la falta de mantenimiento efectivo, el pasteurizador presenta deficiencias en su estructura lo que genera que las botellas que ingresan “paradas” para ser pasteurizadas se caigan dentro del equipo y se quiebren. A la salida del pasteurizador las botellas son transportadas a las rotuladoras, pero si las botellas salieron del PZ caídas en los transportes y en las rotuladoras generan constantes trabas y quiebra.

Como se describe en los párrafos anteriores, la línea 819 tiene problemas de merma de extracto en diferentes puntos del proceso de envasado. Una parte de estas pérdidas son fijas en cada producción y no se tiene un control real ya que varían dependiendo del operador. Por otro lado hay pérdidas generadas por falta de una gestión de mantenimiento.

La presente investigación buscará contribuir con una tentativa de solución para mejorar la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la compañía cervecera ambev Perú mediante el control de la merma de extracto.

## **3. ANÁLISIS DE IMPACTO DE LAS VARIABLES EN LA MERMA DE EXTRACTO DE MALTA**

Para analizar de forma clara y lógica el problema, la presente investigación ha realizado la estratificación de la merma de extracto del primer semestre del 2015. Datos que se muestran a continuación en la tabla 1.

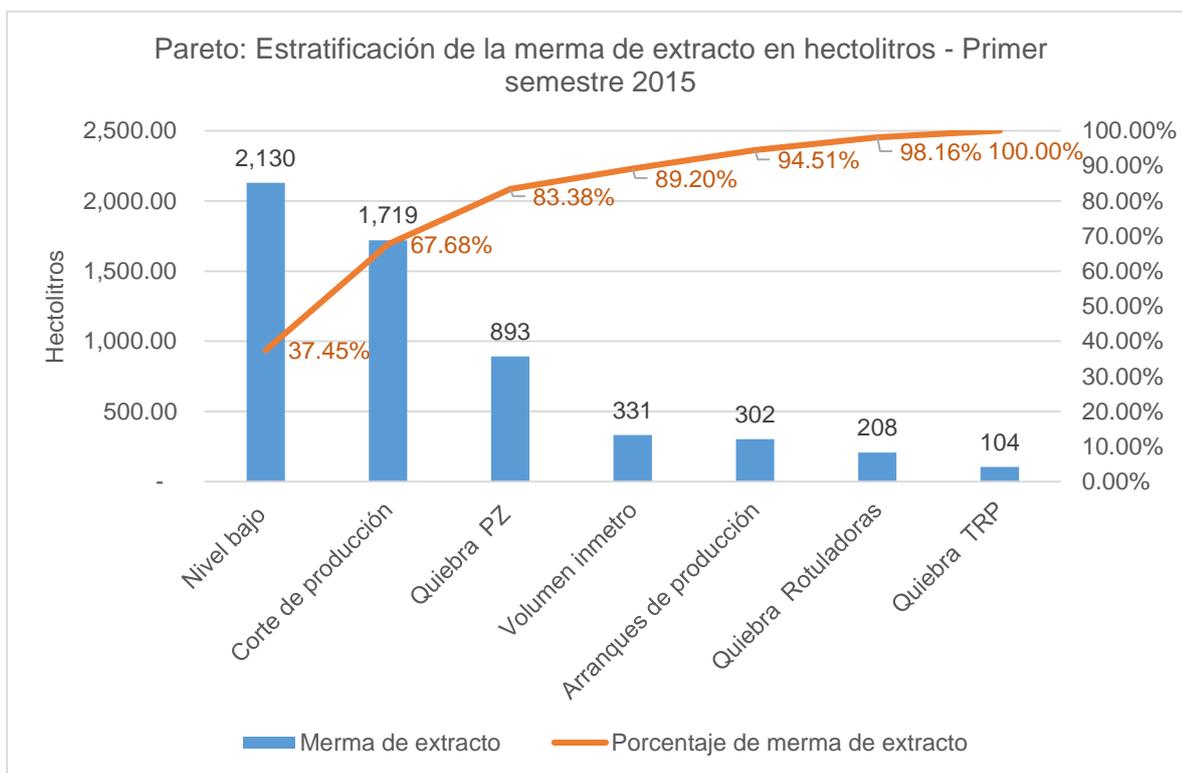
**Tabla 1. Estratificación de merma de extracto de malta - Primer semestre 2015**

	Nivel bajo (HI)	Corte de producción (HI)	Quiebra PZ (HI)	Volumen inmetro (HI)	Arranques de producción (HI)	Quiebra Rotuladoras (HI)	Quiebra TRP (HI)	Merma extracto por mes (HI)
Enero	356.83	281.60	155.01	28.52	54.11	25.32	12.61	914
Febrero	413.83	306.10	144.34	66.09	50.67	51.19	16.78	1,049
Marzo	329.80	279.10	115.97	57.72	49.73	40.85	14.83	888
Abril	316.70	271.00	144.75	61.06	45.71	43.10	15.62	898
Mayo	379.44	309.51	177.02	57.76	51.83	34.24	30.91	1,041
Junio	333.09	271.24	155.43	60.06	50.02	12.91	13.62	896
Total Mde	2,129.70	1,718.55	892.53	331.20	302.05	207.61	104.38	

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

Los resultados se han analizado usando una de las siete herramientas básicas de calidad, el análisis de Pareto, el mismo que se muestra en la ilustración 1 que se presenta a continuación.

**Ilustración 1. Pareto: Estratificación de la merma de extracto – Primer semestre 2015.**



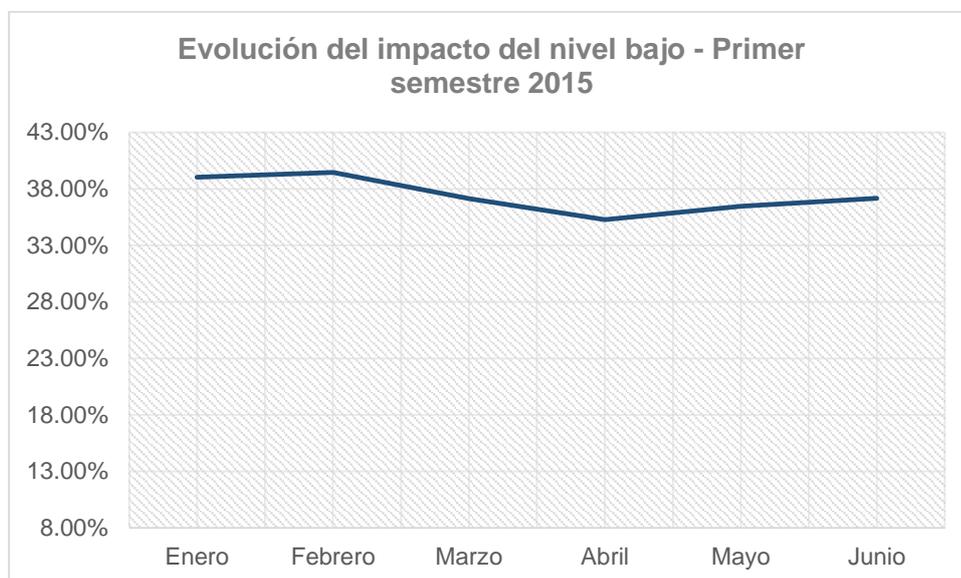
**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

En el análisis de Pareto de la ilustración 1, se observa que las primeras tres variables son las principales que afectan a la merma de extracto en el primer semestre del 2015, ya que representan el 83.38% de la pérdida total en la línea de envasado 819. Estas variables son: nivel bajo, los cortes de producción y la quiebra en el pasteurizador.

Es debido al análisis anterior que la presente investigación se enfocará en proponer alternativas de solución para reducir la merma generada en las tres variables por tener mayor impacto en la merma de extracto total de la línea de envasado en estudio.

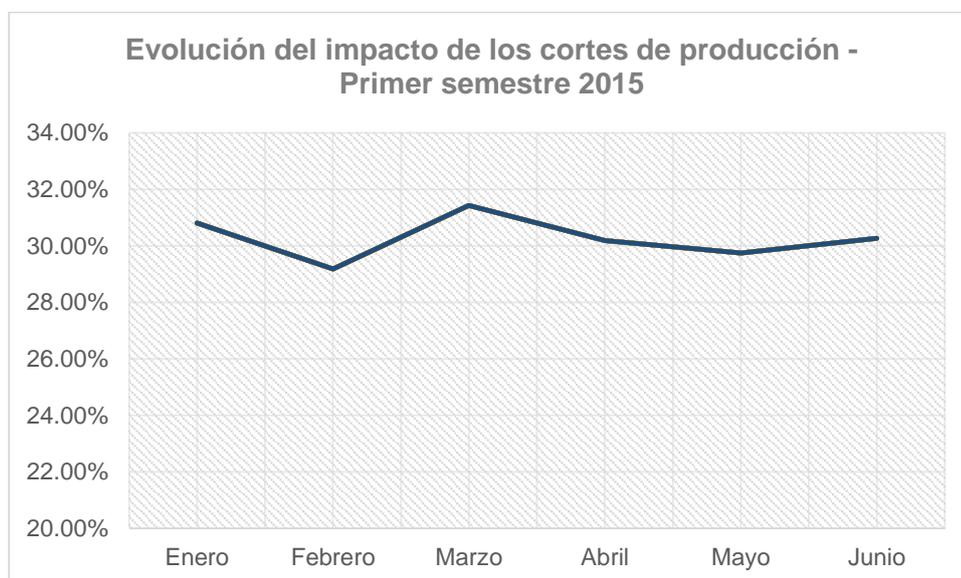
A continuación se presenta la evolución del impacto de estas tres principales variables en la merma de extracto de la línea 819 en el primer semestre del 2015.

**Ilustración 2.** Impacto del nivel bajo en el indicador de merma de extracto - Primer semestre del 2015.



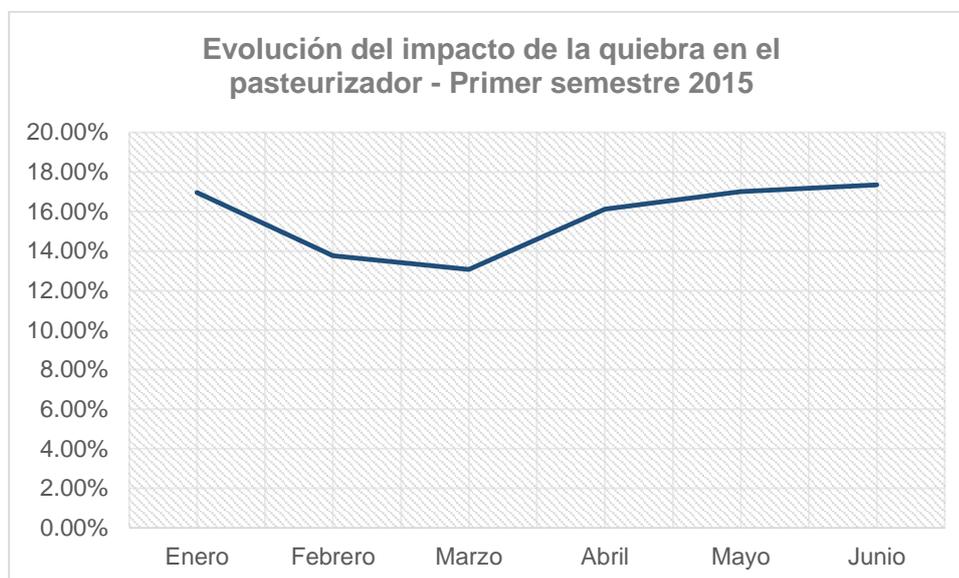
**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

**Ilustración 3.** Impacto de los cortes de producción en el indicador de merma de extracto – Primer semestre 2015.



**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

**Ilustración 4.** Impacto de la quiebra generada por el pasteurizador en el indicador de merma de extracto – Primer semestre 2015.



**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

Como se muestra en los tres gráficos anteriores el impacto de cada factor sobre el indicador de la merma de extracto es fluctuante, sin embargo, no presentan picos por eventos particulares.

#### 4. ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA MERMA DE EXTRACTO

La presente investigación considera relevante el hacer un análisis del dinero que pierde la empresa por la cerveza que se deja de envasar (merma de extracto de malta).

Este análisis se hará considerando el costo de producción del formato 630 ml. del líquido Brahma que es el producto que tiene mayor participación en el mix de producción de la línea de envasado en estudio (en promedio 85% del mix del primer semestre del 2015). En la tabla 2 se presentan los costos de producción del formato Brahma 630 ml. en el primer semestre. A continuación se muestra la tabla 3 con el cálculo de la pérdida de dinero por la merma de extracto de malta (en soles).

En la tercera tabla se puede ver que el impacto económico de la merma de extracto en el primer semestre del 2015 estuvo en un rango entre 61,000 y

78,000 soles mensuales. Teniendo el mayor impacto en botellas derramadas por nivel bajo cuya pérdida estuvo entre los 24,000 y 31,000 soles mensuales.

En el primer semestre del 2015 el total de la pérdida económica por la merma de extracto fue de 416,780 soles, el detalle en la tabla 3.

**Tabla 2.** Costos de producción del formato Brahma 630 ml. en soles - Primer semestre 2015

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Costo de producción por hectolitro	67.54	74.23	75.88	76.02	69.62	77.07

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

**Tabla 3.** Cálculo de pérdida por la merma de extracto - Primer semestre 2015

	Nivel bajo (Soles)	Corte de producción (Soles)	Quiebra PZ (Soles)	Volumen inmetro (Soles)	Arranques de producción (Soles)	Quiebra Rotuladoras (Soles)	Quiebra TRP (Soles)	Merma extracto por mes (Soles)
Enero	24,100	19,019	10,470	1,926	3,655	1,710	852	61,732
Febrero	30,719	22,722	10,715	4,906	3,761	3,800	1,246	77,867
Marzo	25,025	21,178	8,800	4,380	3,773	3,100	1,125	67,381
Abril	24,076	20,601	11,004	4,642	3,475	3,277	1,188	68,261
Mayo	26,417	21,548	12,324	4,021	3,608	2,384	2,152	72,454
Junio	25,671	20,905	11,979	4,629	3,855	995	1,050	69,084
Total Mde	156,008	125,973	65,292	24,503	22,126	15,265	7,613	

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El problema que analizará la presente investigación queda formulado de la siguiente manera:

**¿Cómo incrementar la productividad en la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la Compañía Cervecería ambev Perú, a partir de la reducción de la merma de extracto de malta?**

## **1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

La presente investigación propone que si se llegara a mejorar la productividad de la línea 819 mediante el estudio de métodos de control de merma de extracto de malta, el consumo de malta por litro de cerveza producida se reduciría. Y con la reducción de la merma se aseguraría una forma eficaz de utilizar los recursos logrando producir la misma cantidad de cerveza con menos insumos.

### **1.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

La presente investigación propone que si se llegara a mejorar la productividad de la línea 819 mediante el estudio de métodos de control de merma de extracto de malta, el consumo malta por hectolitro de producto terminado se reduciría. Y con la reducción de la merma se aseguraría una forma eficaz de utilizar los recursos logrando producir la misma cantidad de cerveza con menos insumos, lo que generaría un ahorro en el costo variable de producción y, por tanto, conseguiría aumentar la utilidad bruta de la compañía (detalle de costos en la tabla 3, capítulo I).

### **1.3.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

La presente investigación propone que si se llegara a mejorar la productividad de la línea 819 mediante el estudio de métodos de control de merma de extracto de malta, el consumo de malta por litro de cerveza producida se reduciría. Y con la reducción de la merma se aseguraría una forma eficaz de utilizar los recursos logrando producir la misma cantidad de cerveza con menos insumos, lo que generaría un ahorro en el costo variable de producción y, por tanto, conseguiría aumentar la utilidad bruta de la compañía.

El crecimiento de las utilidades de la empresa traería mayor contribución de impuestos hacia la sociedad, lo que generaría mayores oportunidades de desarrollo de la comunidad.

### **1.3.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL**

La presente investigación propone que si se llegara a mejorar la productividad de la línea 819 mediante el estudio de métodos de control de merma de extracto de malta, el consumo de malta por litro de cerveza producida se reduciría. Y con la reducción de la merma se aseguraría una forma eficaz de utilizar los recursos logrando producir la misma cantidad de cerveza con menos insumos. Esto, además de generar un ahorro en el costo variable de producción, tendría un impacto ambiental pues se utilizarían menos combustibles fósiles para la etapa de producción, se reducirían las emisiones al medio ambiente y también se reduciría la generación de desperdicios.

## **1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA**

El problema de la presente investigación se delimita geográficamente a la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú; ubicada en Lima, Perú.

#### **1.4.2. DELIMITACIÓN SECTORIAL**

El problema de la presente investigación se delimita al sector industrial de producción de cerveza.

#### **1.4.3. DELIMITACIÓN POR PROCESOS**

El problema de la presente investigación estudiará cómo mejorar la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 mediante el estudio de métodos de control de merma de extracto enfocándose solo en los procesos unitarios de llenado, taponado, pasteurizado y etiquetado.

#### **1.4.4. EXCLUSIONES**

La presente investigación no considera el control de merma de extracto durante los procesos de elaboración de la cerveza; cocimiento, fermentación y filtrado.

Tampoco contempla las pérdidas que pueden generarse durante los procesos de almacenamiento, distribución y comercialización del producto terminado.

Esta investigación se enfoca en el estudio de métodos para mejorar la merma de extracto en la línea de envasado, no incluye propuestas de mejora respecto a implementación de nueva tecnología.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. MARCO HISTÓRICO**

Para definir el marco histórico de la presente investigación se debe empezar describiendo cómo evolucionó la industria cerveza en el mundo y su trascendencia a lo largo de la historia.

La historia de la cerveza se remonta al inicio de la civilización y es tan antigua como la historia misma (Barth, 2013). Investigaciones sugieren que los Sumerios fueron los primeros en elaborar cerveza. Entre los documentos escritos que evidencian esta afirmación están los tablones de arcilla con escritura cuneiforme de 5000 años que fueron encontrados al sudeste del actual Irak. Dichos escritos describen el proceso de elaboración de cerveza y consumo, de una cultura madura en la cervecería. Los documentos sumerios mencionan a la cerveza con frecuencia y la relacionan con suministros de sus templos. Con el dominio de Babilonia sobre la región mesopotámica, se difunde el consumo de la cerveza, y este alimento llega a ser parte importante de la dieta de esta civilización.

La cultura cervecera se extendió desde Mesopotamia hasta Egipto, llegando a ser la cerveza la bebida principal en la cultura egipcia en todos los estratos sociales. Según Delwen Samuel, un distinguido investigador de la Universidad de Cambridge en Inglaterra, la cerveza, junto con el pan, era el elemento más importante en la dieta de los antiguos egipcios. Las técnicas aplicadas por los egipcios para la elaboración de la cerveza parecen haber sido bastante refinados (Bamforth, 2003), incluso se han encontrado jeroglíficos que representan el proceso de elaboración. Tal fue la importancia de la cerveza para los egipcios que está presente en su mitología; es el dios Osiris quien crea la cerveza, a partir del cultivo de la cebada, y la introduce como una bebida de origen divino (López, 2014).

Los egipcios pasaron su conocimiento sobre la cervecería a los griegos y romanos, pero en estas culturas el consumo del vino prevalecía como una bebida para los estratos económicos altos y la cerveza era consumida por el resto de las personas.

No se tiene información de cómo se introdujo la cerveza en el norte de Europa, sin embargo, se desarrolló principalmente en esta zona por las condiciones climáticas y por la poca accesibilidad a la uva y la factibilidad de producir cebada. Fueron los monasterios europeos los que desempeñaron un papel de gran importancia en el desarrollo de la cerveza como se conoce hoy en día.

Para ese tiempo los monasterios eran un centro de cultura y servían como puntos de paso para viajeros a quienes les ofrecían comida y bebida. Fueron los monjes quienes mejoraron la técnica de elaboración de cerveza y quienes utilizaron por primera vez lúpulo para su producción, investigando sobre cómo mejorar el proceso y compartiendo información con otros monasterios (Barth, 2013).

La cervecería fue creciendo junto con la población y su consumo se expandió a todos los niveles sociales europeos. Llegó a ser tan popular, que a principios del siglo XIV había una "cervecería" por cada 12 personas, en Inglaterra (Barth, 2013). Es así como la cerveza fue evolucionando y formando parte de la cultura de Europa.

Con la llegada de la revolución industrial, se dieron muchos cambios tecnológicos en la cervecería, como las máquinas de frío, el proceso de pasteurización, avances en manejo de vidrio, etc. Estos cambios más la demanda creciente por la bebida espumosa de cebada desencadenaron la producción a gran escala de cerveza. Es en este punto de la historia donde empiezan los problemas sobre la pérdida de líquido a lo largo del proceso de envasado.

Durante la década de 1800 creció de forma importante la demanda por productos embotellados, siendo durante 1860 y 1870 que los fabricantes de cerveza empezaron a utilizar botellas de vidrio para envasar su producto y mantenerlo en condiciones adecuadas para prolongar su tiempo de vida útil; se utilizaron botellas de color marrón o verde oscuro, y tapas corona de metal para sellarlas (Walbridge, 1920). Para 1915 la cantidad de cerveza envasada que era comercializada creció de forma importante, llegando a representar el 15 por ciento del total de la cerveza consumida (Twede, 2012).

Las innovaciones de envasado continúan, y esto es porque el embalaje de los productos añaden valor a las marcas de bebidas, además de mantener las propiedades del líquido que contiene (Thomas J. , 2010).



## **2.2. MARCO METODOLÓGICO**

### **2.2.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación propone un método de investigación deductivo, partiendo de conceptos generales para luego deducir una propuesta original sobre la cual proponer mejoras que apliquen a la línea de envasado de cerveza 819.

### **2.2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es de tipo aplicada porque se enfoca en dar solución a un problema particular de la industria cervecera.

También será una investigación de tipo cuantitativa porque utiliza datos reales de la línea de envasado investigada para proponer una alternativa de solución.

### **2.2.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es de nivel descriptivo, explicativo, correlativo y evolutivo.

- Es descriptiva porque describe un problema en la línea de envasado 819 de planta Huachipa.
- Es explicativa porque explica la naturaleza del problema de la merma de extracto en la línea 819.
- Es correlativa porque determina la relación entre una variable dependiente y variables independientes.
- Es evolutiva porque propone una alternativa solución para mejorar la productividad de una línea de envasado a partir de la reducción de la merma de extracto.

#### **2.2.4. OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN**

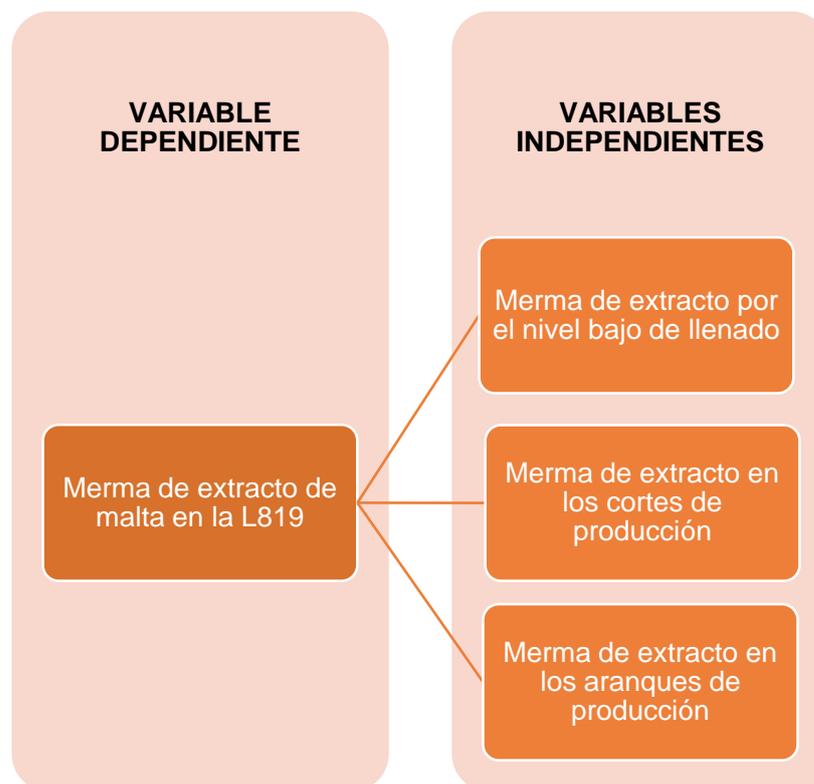
El objetivo general de esta investigación es incrementar la productividad en la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú a partir de la reducción de la merma de extracto de malta.

#### **2.2.5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

La hipótesis que la presenta investigación sostiene es que definiendo una metodología eficiente de control de merma de extracto de malta, se logrará reducir este indicador, lo que incrementará la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú.

## 2.2.6. RELACIONES ENTRE VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

**Ilustración 5.** Relación entre la variable dependiente y las variables independientes.



**Fuente:** Elaboración propia.

La variable dependiente que la presente investigación estudiará es la merma de extracto de malta (%) en el proceso de envasado.

Según el análisis hecho en el Pareto de la ilustración 1, ver capítulo I, la presente inicialmente iba a estudiar las siguientes variables independientes que afectan directamente a la variable dependiente: merma de extracto por el bajo nivel, merma de extracto en los cortes de producción y la merma de extracto por la quiebra en el pasteurizador. Sin embargo, luego de las observaciones del proceso y la investigación sobre el funcionamiento del pasteurizador se encontró que el equipo ya estaba próximo a ser reemplazado por uno más moderno.

El equipo inicial trabajaba con un funcionamiento de transporte interno denominado peregrino y debido al tiempo de vida útil y los problemas que

venía presentando a la línea de producción en los indicadores de merma de extracto, quiebra y eficiencia, la empresa evaluó y aprobó su cambio en marzo del 2015. El mismo que fue efectivo en enero del 2016.

Por lo antes expuesto, y debido a que la presente investigación excluye de su alcance la implementación de nuevas tecnologías, no se considera relevante ahondar en esta variable.

Lo que queda por indicar es que el pasteurizador tenía intervenciones de mantenimientos semanales durante las paradas de producción para reducir el impacto negativo que representaba en los indicadores antes mencionados.

**Debido a que la presente investigación no pudo proponer una mejora respecto a la quiebra en el pasteurizador, ha considerado relevante el analizar una variable más que no estuvo mapeada inicialmente como un indicador de estudio ya que no se encuentra entre las variables que tuvieron mayor impacto en la merma de extracto del primer semestre del 2015.**

**Por lo expuesto en el párrafo anterior esta investigación analizará también la variable fija de pérdidas en los arranques de producción, ya que durante el desarrollo de esta investigación se observó que se tenía una oportunidad de mejora en el procedimiento, lo que ayudará en la reducción de la merma de extracto y, por tanto, mejorará la productividad.**

## 2.2.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Tabla 4.** Matriz de consistencia.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE
¿Cómo incrementar la productividad en la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú, a partir de la reducción de la merma de extracto de malta?	Incrementar la productividad en la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú, a partir de la reducción de la merma de extracto de malta.	Definiendo una metodología eficiente de control de merma de extracto de malta, este indicador se reducirá y, por tanto, incrementará la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú.	Merma de extracto de malta (%).
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES
¿Cómo reducir el volumen de cerveza drenada por nivel bajo de llenado para incrementar la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú?	Reducir el volumen de cerveza drenada por el nivel bajo de llenado para incrementar la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú.	Una reducción en el volumen de cerveza drenada por el nivel bajo de llenado incrementará la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú.	Volumen de cerveza drenada por nivel bajo de llenado (Hectolitros).

<p><b>¿Cómo reducir el volumen de cerveza drenada en los cortes de producción para incrementar la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú?</b></p>	<p>Reducir el volumen de cerveza drenada en los cortes de producción para incrementar la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú.</p>	<p>Una reducción en el volumen de cerveza drenada en los cortes de producción incrementará la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú.</p>	<p>Volumen de cerveza drenada en los cortes de producción (Hectolitros).</p>
<p><b>¿Cómo reducir el volumen de cerveza drenada en los arranques de producción para incrementar la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú?</b></p>	<p>Reducir el volumen de cerveza drenada en los arranques de producción para incrementar la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú.</p>	<p>Una reducción en el volumen de cerveza drenada en los arranques de producción incrementará la productividad de la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú.</p>	<p>Volumen de cerveza drenada en los arranques de producción (Hectolitros).</p>

***Fuente:***

***Elaboración***

***propia.***

## 2.3. ASPECTOS TEÓRICOS RELACIONADOS CON LA INVESTIGACIÓN

### 2.3.1. PRODUCTIVIDAD

Para el crecimiento de una empresa es muy importante mejorar su productividad, que refiere a producir más bienes o servicios por la misma cantidad de recursos, siendo eficientes y eficaces.

La presente investigación busca mejorar la eficiencia de la línea de envasado 819 mediante la reducción de la merma de extracto de malta que genera.

### 2.3.2. INGENIERÍA DE MÉTODOS

“Las mejoras en la productividad nunca terminan” (Benjamin W., 2013) y para lograr un aumento en la productividad es necesario hacer un estudio sistemático de los métodos, técnicas y procedimientos empleados para una operación; dicho estudio es denominado ingeniería de métodos.

La ingeniería de métodos tiene como fin principal implementar mejoras. Cuenta con una serie de etapas para el estudio detallado y posterior mejora de un proceso.

1.- *Selección de un proyecto*, se debe iniciar determinando un proceso a analizar que es por lo general uno que tenga costo alto o sea ineficiente.

2.- *Obtención de datos*, en este punto se debe recopilar la información relevante que esté relacionada con el proceso que fue elegido como proyecto inicialmente. Se debe registrar información mediante diagramas.

3.- *Análisis de datos*, con toda la información recopilada por medio de la investigación y observación del proceso elegido como proyecto se debe analizar los datos obtenidos para decidir cuál será la mejor alternativa que lleve a aumentar la productividad del proceso.

4.- *Desarrollar el método ideal*, consiste en el desarrollo de una propuesta de mejora hacia el método actual utilizado, en busca de aumentar la productividad. Es necesario que se tenga en consideración las restricciones de cada alternativa propuesta.

5.- *Presentar e implementar el método propuesto*, luego de determinar un método ideal para el proceso en estudio este se debe presentar con los responsables de la operación para poder explicar el alcance y beneficios de la propuesta y poder implementarla en la producción.

6.- *Desarrollar un análisis del trabajo*, el resultado del nuevo método implementado debe ser acompañado, con el fin de que los operadores sean seleccionados, entrenados y recompensados de forma adecuada.

7.- *Determinar un estándar justo*, después de la implementación inicial y del análisis del trabajo (durante el periodo de prueba) se debe estandarizar el nuevo método con tiempos justos.

8.- *Darle seguimiento al método*, finalmente se debe auditar de manera periódica al nuevo método con el fin de ver si se está ejecutando de manera correcta y esté dando los resultados esperados. En este punto es importante analizar la mejora de la productividad respecto al método inicial y estar atentos a nuevas oportunidades de mejora porque “las mejoras en la productividad nunca terminan” (Benjamin W., 2013).

### **2.3.3. HERRAMIENTAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

Estas herramientas son utilizadas para obtener datos de una operación que se esté estudiando para luego poder analizar dicha información. Todos los datos que se obtengan sobre el proyecto en estudio ayudaran para poder determinar un método ideal.

#### **2.3.3.1. Recolección de datos**

La recolección de datos es el punto de partida de la mayoría de los ciclos de solución de problemas (Guajardo, 1996). Con esta herramienta se reúne información del problema planteado al inicio de la investigación y de las causas del mismo.

Esta herramienta sirve para los siguientes propósitos:

- Informar el estado actual del problema y sus causas.

- Analizar los datos obtenidos mediante la construcción de gráficas o diagramas (otras herramientas como histogramas, análisis de Pareto, diagrama causa-efecto, flujogramas, etc.)
- Evaluar tendencia.

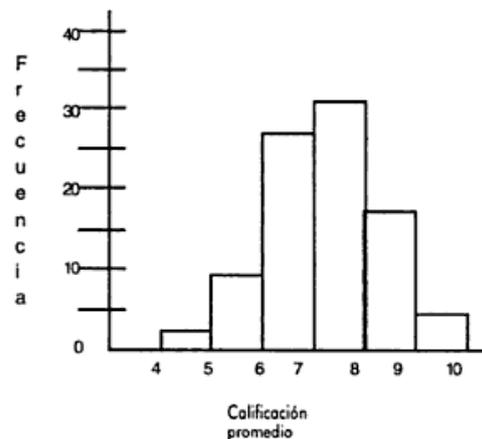
Es importante que la información sea recopilada tomando en cuenta el mismo intervalo de tiempo entre datos. Además, debe ser una toma de datos de forma ordenada y sencilla.

### 2.3.3.2. Histogramas

Es una herramienta que ayuda a identificar de forma rápida la dispersión de los datos estudiados. Los procesos reales son bastante variables y los histogramas son una forma gráfica de visualizar la variabilidad de los mismos respecto a la media. Los datos son agrupados en rangos y cuantificados para organizar la distribución.

El histograma constituye una importante herramienta de diagnóstico, ya que nos muestra una panorámica de la variación de una distribución (Guajardo, 1996).

**Ilustración 5:** Ejemplo de histograma.



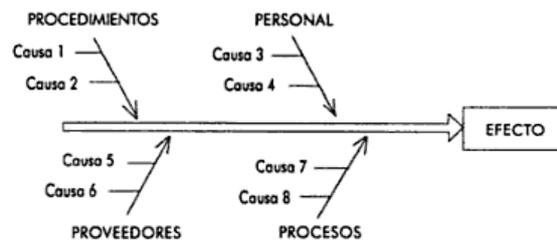
**Fuente:** (Guajardo, 1996)

### 2.3.3.3. Diagrama Causa-Efecto

También conocido como el diagrama de espina de pescado o de Ishikawa, es una herramienta cualitativa que permite analizar de forma ordenada las posibles causas de un problema, con el fin de llegar a la(s) causa(s) primarias que generan el efecto.

El problema analizado en este diagrama es ubicado a la derecha del mismo como la cabeza del “pescado”, cuenta con un tronco principal de donde salen las ramas de las causas principales que pueden ser mano de obra, materiales, métodos, máquinas, etc. De cada rama de causas principales se continúan las ramificaciones para continuar el análisis del efecto.

**Ilustración 6:** Ejemplo de diagrama de Causa-Efecto



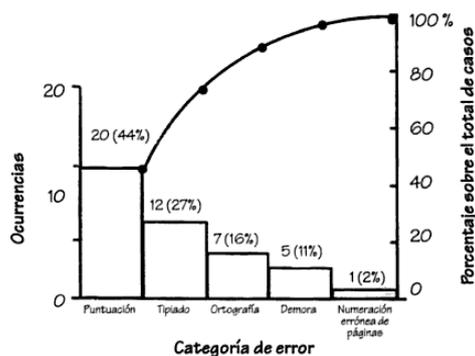
**Fuente:** (Gujardo, 1996)

### 2.3.3.4. Análisis de Pareto

Esta técnica es también conocida como “Principio 80-20”, fue desarrollada por el economista italiano Wilfredo Pareto y explica cómo el 20% de los factores pueden tener el 80% de impacto en la variable que se está analizando. El análisis de Pareto centra la atención en los problemas realmente importantes para alcanzar el máximo rendimiento (James, 1997).

Este análisis busca determinar los factores que tienen mayor impacto en el proyecto que se está estudiando. En este análisis cada factor es medido por una misma unidad y es ordenado de forma descendente, empezando de derecha a izquierda como una distribución acumulativa.

### Ilustración 7: Ejemplo de análisis de Pareto



**Fuente:** (Chang, 1999)

#### 2.3.3.5. Flujograma

Es una herramienta que permite representar de forma ordenada y concisa un conjunto de actividades a lo largo de un proceso; y permite conocer un proceso de forma sencilla y rápida.

Describe paso a paso un proceso dando detalle de que actividades hacer, como hacerlo y quien debe hacerlo.

#### 2.3.4. DETERMINAR EL TAMAÑO DE UNA MUESTRA

“El análisis de una muestra permite inferir conclusiones susceptibles de generalización a la población de estudio con cierto grado de certeza” (Holguín, 1993).

Para determinar una muestra y luego extrapolar resultados a poblaciones muy grandes se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

Z: es el valor que corresponde al nivel de confianza que se busca.

p\*q: es la varianza de la población. Siempre que no se conoce la varianza de la población en estudio los valores son p=q=0.50.

e: es el error muestral, es el margen de error que se acepta.

“El tamaño de la muestra será mayor según sea mayor el nivel de confianza y la varianza esperada en la población” (Morales Vallejo, 2011).

## 2.4. SEMÁNTICA, TÉRMINOS Y DEFINICIONES

La presente investigación considera relevante la definición de los siguientes términos que se utilizaran a lo largo de la misma.

- **Cerveza:**

Proviene del Celta-Latino, “cerevicie” bebida espirituosa que resulta de la fermentación del mosto de cebada malteada o de extracto de malta, cuyo agente fermentador es la levadura cervecera. La cebada malteada es sometida previamente a la cocción y se le adiciona lúpulo. La cebada malteada puede ser sustituida en parte por adjuntos cerveceros dependiendo de la receta de elaboración.

El ministerio de salud del Perú ha determinado la siguiente composición para este alimento, mediante las tablas peruanas de composición de alimentos publicada por el instituto nacional de salud (INS).

**Tabla 5.** Composición de la cerveza.

Nombre del alimento	Energía (kcal)	Energía (kJ)	Agua (gr)	Proteínas (gr)	Grasa total (gr)	Carbohidratos totales (gr)	Carbohidratos disponibles (gr)	Fibra cruda (gr)	Fibradietaria (gr)	Cenizas (gr)
Cerveza	36.0	151.0	94.5	0.3	-	5.1	5.1	-	-	0.1

**Fuente:** Ministerio de Salud del Perú (Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2009).

- **Productividad:**

“La productividad es un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios” (Nuñez B., 2007).

En la presente investigación se evaluará la productividad de la línea de envasado 819 por medio de la reducción de la merma de extracto de malta en el proceso.

- **Eficacia:**

“Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.” (RAE, 2014). Es la capacidad de obtener los resultados esperados, no considera la limitante de los recursos disponibles de tiempo y dinero.

Este indicador se calcula dividiendo el logro obtenido entre la meta propuesta y su unidad de medición en el porcentaje.

Fórmula de medición:

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Logro obtenido}}{\text{Meta propuesta}}$$

- **Eficiencia:**

“Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.” (RAE, 2014). Es la capacidad de obtener resultados considerando los recursos utilizados para lograrlo.

Este indicador se calcula dividiendo el logro obtenido entre los recursos utilizados.

Fórmula de medición:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Logro obtenido}}{\text{Recursos utilizados}}$$

- **Merma:**

“Porción de algo que se consume naturalmente o se sustrae o sisa.” (RAE, 2014). Es un porcentaje de pérdida de un total cuantificable. En la presente investigación merma se entiende por la pérdida de recursos durante un proceso productivo.

- **Merma de extracto de malta de envasado de cerveza:**

Es el recurso de cerveza que se pierde durante el proceso de envasado.

Para efectos de esta investigación la merma de extracto se calculará considerando el volumen de cerveza perdido en el proceso de envasado.

Este indicador se calcula dividiendo la diferencia entre el volumen total de cerveza envasada y el volumen total de cerveza consumida, y el volumen total de cerveza consumida; su unidad de medida es el porcentaje.

$$\text{Mde (\%)} = \frac{(VC - VE)}{VC}$$

Donde:

Mde (%): Merma de extracto de malta.

VC (hl.): Volumen de cerveza total consumida en una producción.

VE (hl.): Volumen de cerveza total de producto envasado durante una producción.

▪ **Método:**

“Método es el modo de decir o hacer con orden.” (RAE, 2014). Es el detalle de pasos a seguir para lograr un objetivo, implica ejecutar dichos pasos de forma ordenada y calculada. Se necesita de un procedimiento para poder ejecutar de forma efectiva un método.

▪ **Control:**

“Control es la comprobación, inspección, fiscalización e intervención.” (RAE, 2014).

▪ **Volumen inmetro:**

Volumen inmetro o volumen neto, es la cantidad de líquido que está contenido en un recipiente ya sea de plástico o vidrio.

▪ **SOP:** (Standard Operating Procedure)

Los estándares de procedimientos operacionales, son el paso a paso que debe seguir un operador para realizar actividades específicas. Se elaboran para reducir el grado de dificultad de una tarea y estandarizar las operaciones y resultados de las mismas.

### **CAPÍTULO III: ESTADO DEL ARTE**

La tesis publicada el 2015 por Rafael Vilchez titulada “Diagnóstico y mejora de procesos utilizando simulación de eventos discretos en una empresa de consumo masivo” se basa en el uso de las herramientas de ingeniería como recopilación de datos, análisis de Pareto, diagrama de Ishikawa, etc. para reducir las mermas en el proceso de elaboración y envasado de galletas (Vilchez, 2015).

En la tesis “Análisis y mejora de procesos en una empresa embotelladora de bebidas rehidratantes” publicada el 2012 por Alvarez, Carla y De La Jara, Paula, se describe el análisis, diagnóstico y propuesta de mejoras en los procesos de embotellado y se ve la importancia del análisis del problema por medio de las herramientas de ingeniería para poder encontrar una solución adecuada a dos problemas latentes de la industria de bebidas como son las mermas de producción y los altos tiempos de cambio de formato (Alvarez, 2012).

En la investigación “Diseño de propuesta para mejorar la productividad en una línea de envasado en una empresa productora de bebidas de consumo masivo” realizada por Ana Paula Garzón se muestra una propuesta para mejorar la productividad de una línea de envasado mediante mejoras en los tiempos medios del proceso productivo (Garzón, 2009).

La tesis publicada en octubre del 2007 por Vanesa Espinoza y Andreina Guinand titulada “Análisis de los procesos en el área de envasado, destinado a reducir las mermas de cuerpos latas y tapas de latas en una empresa nacional de consumo masivo” tiene como finalidad el reducir mermas de latas y tapas de latas en una línea de envasado de cerveza para reducir las pérdidas de insumos y mejorar los costos de producción. El trabajo se basa en el estudio de la situación inicial de la empresa Polar para luego proponer alternativas de mejora (Espinoza & Guinand, 2007).

## **CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

### **4.1. PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

La presente investigación formulará propuestas de solución enfocadas al estudio de métodos para incrementar la productividad en la línea de envasado de cerveza 819 de planta Huachipa de la compañía cervecera ambev Perú, mediante la reducción de la merma de extracto de malta.

La presente investigación iniciará con el estudio de la situación actual de las variables independientes que afectan a la variable dependiente en estudio, para luego proponer alternativas de solución.

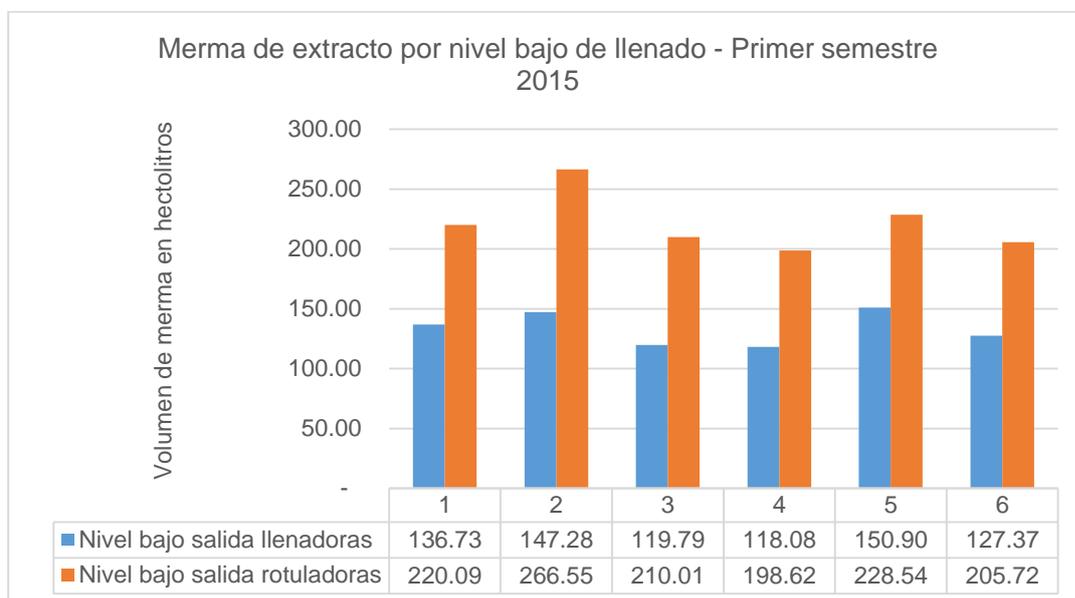
#### **4.1.1. NIVEL BAJO DE LLENADO**

El nivel bajo de llenado está directamente relacionado con la variabilidad del volumen de llenado y como se explicó en el primer capítulo, la merma de extracto de malta generada por este punto es un tipo de pérdida variable.

Las pérdidas por nivel bajo se dan en dos puntos de la línea de envasado; el primer punto es en la inspección de nivel a la salida de cada llenadora y el segundo es en la inspección de nivel a la salida de las rotuladoras, y en ambos puntos se evidencia constante rechazo de producto.

Se recopilaron y analizaron los datos históricos para ver el comportamiento de rechazo en cada punto, la información se muestra en la tabla 6.

**Ilustración 8. Merma de extracto por nivel bajo de llenado - Primer semestre 2015**



**Fuente:** *Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.*

#### 4.1.1.1. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN INICIAL

##### (Hasta el primer semestre del 2015)

Con el objeto de estudiar esta variable se inició observando una muestra aleatoria del total de la producción, se acompañó durante una semana la línea de envasado.

Durante esta semana se observó que los inspectores de nivel a la salida de las rotuladoras rechazaban mayor cantidad de botellas que los inspectores a la salida de las llenadoras, mismo comportamiento que se evidencia en todo el primer semestre del 2015, tabla 6. La razón es que a la salida de las llenadoras las botellas envasadas presentaban gran nivel de espuma lo que distorsiona el correcto rechazo.

Sin embargo, se confirmó mediante la observación del proceso que el total del nivel bajo en ambos puntos son generados en las llenadoras ya que las botellas que no son rechazadas en el primer punto de control son rechazadas a la salida de las rotuladoras.

Durante esta semana de observación se tuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 6.** Resultados obtenidos de observación inicial de nivel bajo.

	Volumen de cerveza (HI.)
Producción líquida	7250
Cerveza consumida	7418

**Nivel bajo derramado**

Llenadoras	24.53
Rotuladoras	36.46

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

En base a estos datos se calculó la merma de extracto de la semana, el impacto del nivel bajo de llenado en la merma de extracto y la productividad obtenida.

**Ecuación 1.** Cálculo de la merma de extracto de la observación inicial.

$$Mde = \frac{(7418 - 7250)}{7418}$$

$$Mde = 2.26\%$$

**Ecuación 2.** Cálculo del impacto del nivel bajo en la merma de extracto de la observación inicial.

$$\text{Impacto del nivel bajo en Mde (\%)} = \frac{(24.53 + 36.46)}{(7418 - 7250)}$$

$$\text{Impacto del nivel bajo en Mde (\%)} = 36.30\%$$

**Ecuación 3.** Cálculo de productividad de la observación inicial.

$$Productividad = \frac{7250}{7418}$$

$$Productividad = 97.74\%$$

Durante esta semana de observación el volumen total de merma de extracto por nivel bajo fue de 60.98 hectolitros que represento el 36.30% de la merma de extracto de la semana. Por esta razón la presenta investigación consideró relevante tomar una muestra de botellas a la salida de las llenadoras para analizar el comportamiento del volumen inmetro.

**Cálculo de la muestra**

Z: 1.96, para un nivel de confianza del 95%.

p: 50%, ya que se desconoce los resultados que se esperan encontrar.

q: 50%

e: 8% margen de error máximo admitido.

**Ecuación 4.** Cálculo de la muestra, nivel bajo de llenado.

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.08^2}$$

$$n = 150 \text{ botellas}$$

Se tomó la muestra a la salida de la llenadora 1 antes que las botellas pasaran por el inspector de nivel durante una producción

de Brahma 630 ml. en condiciones normales, los volúmenes inmetro obtenidos se pueden ver en el anexo 1.

A continuación se analizaron los datos en una tabla de frecuencia para ver el comportamiento de la variable en estudio, resultados en la siguiente tabla.

**Tabla 7.** Resultados de la muestra.

Desviación estándar de la muestra	Media de la muestra	Mínimo de la muestra	Máximo de la muestra
7.59	624.75	613	647

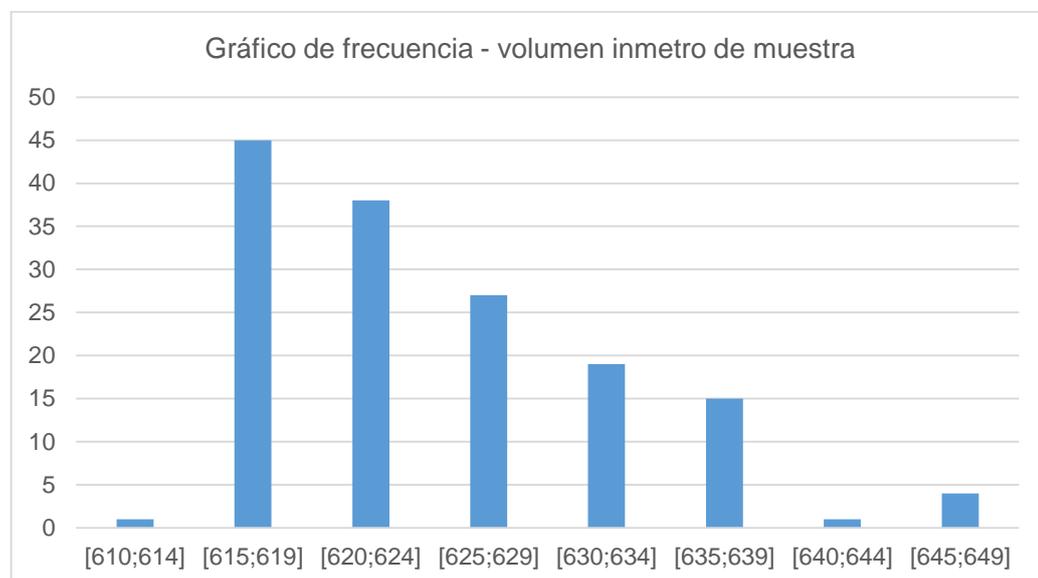
**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

**Tabla 8.** Tabla de frecuencia, volumen inmetro de la muestra.

Intervalos	Frecuencia
[610;614]	1
[615;619]	45
[620;624]	38
[625;629]	27
[630;634]	19
[635;639]	15
[640;644]	1
[645;649]	4

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

**Ilustración 9.** Gráfico de frecuencia, volumen inmetro de la muestra.



**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

Como se puede ver en la ilustración anterior, el volumen inmetro a la salida de las llenadoras es bastante variable, los datos tienen una dispersión de 7.59 ml. respecto de la media de 624.75 ml.

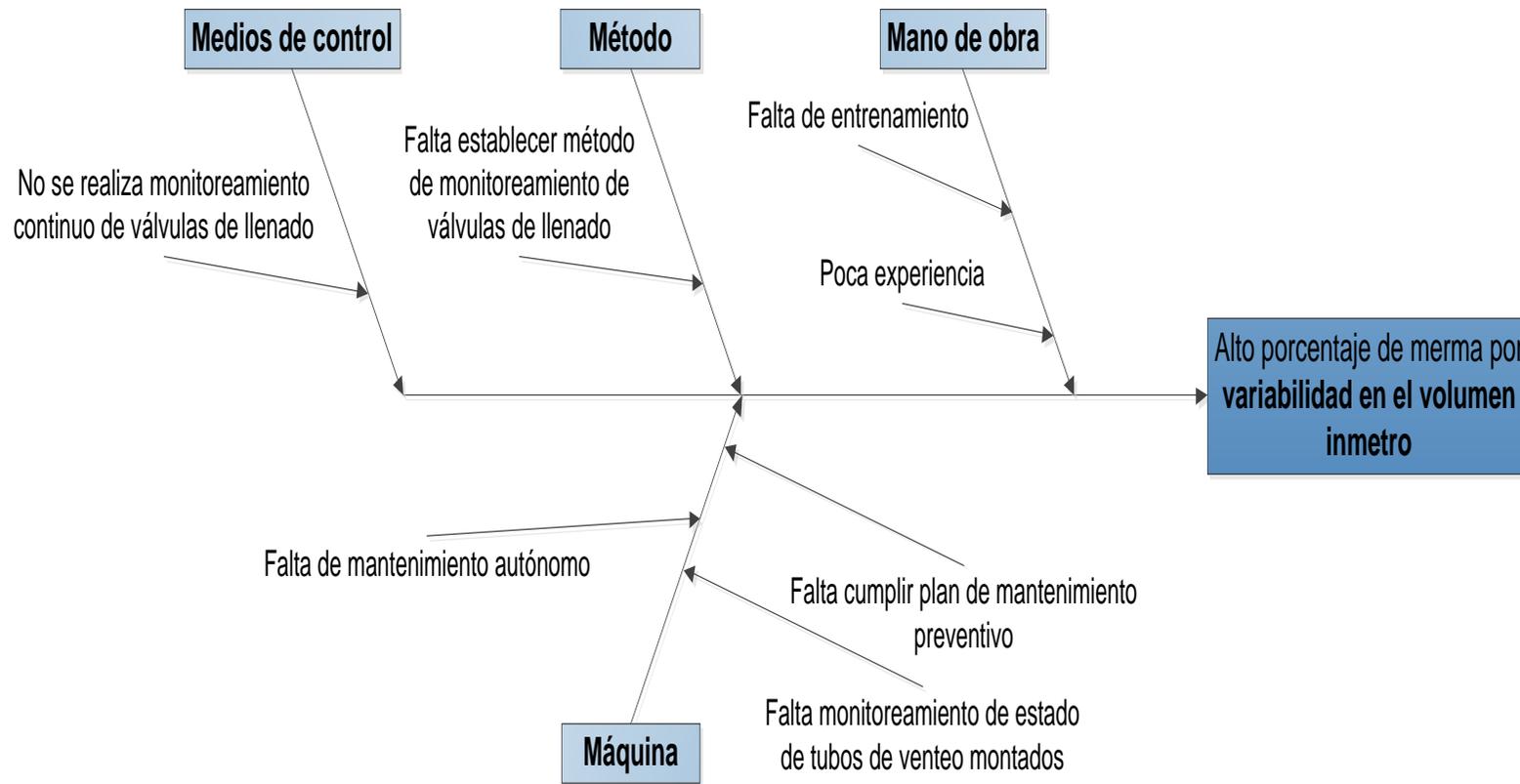
Se halló que el 0.67% de la muestra tenía un volumen inmetro menor a 615 ml. (límite inferior legal) y que el 26% de la muestra tenía un volumen inmetro por encima de 630 ml. que es el volumen de etiqueta del formato en estudio.

Adicional a esto en la ilustración 9 se puede ver que gran parte de la muestra tiene volúmenes que tienden a estar cerca del límite inferior (615 ml.), cuando la distribución debería tener su campana más proporcionada y con una dispersión menor.

Se entrevistó a los operadores de las llenadoras para buscar el motivo de la variabilidad en el volumen de llenado y lo que estos resumieron fue que no se estaba haciendo un mantenimiento completo a las máquinas. Información que se corroboró al revisar en SAP el plan de mantenimiento preventivo, ya que no se tenía cargado el plan de mantenimiento completo y, por tanto, no se programaban inspecciones ni trabajos en las llenadoras por parte de la operación.

Luego de las observaciones levantadas durante la semana de acompañamiento en campo se desarrolló un análisis de Ishikawa de la variable en estudio que se presenta a continuación.

**Tabla 9.** Diagrama causa-efecto del alto porcentaje de merma por variabilidad en el volumen inmetro, nivel bajo de llenado.



Fuente:

Elaboración

propia.

#### 4.1.1.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN UNO

Luego de los resultados obtenidos en la muestra tomada, la presente investigación propone reducir la variabilidad del volumen de llenado por medio del mantenimiento preventivo, correctivo y acompañamiento del volumen inmetro durante producción y no solo en paradas de la línea, para así reducir la merma de extracto por nivel bajo y, por tanto, mejorar la productividad.

Inicialmente se debe cargar el plan de mantenimiento preventivo y ejecutarse de manera eficaz y eficiente. Se revisaron los instructivos de las máquinas y las llenadoras necesitan como mínimo los siguientes mantenimientos preventivos:

1. Desmontaje de válvulas por lo menos una vez cada dos meses, para revisar todas las partes internas y hacer cambio de jobería que tienden a desgastarse y generan nivel bajo de llenado.

La presente investigación propone llevar un cronograma de atención de válvulas, ver anexo 2, y un histórico de los trabajos realizados en cada válvula.

2. Nivelación de platillos de órganos elevadores por lo menos una vez cada quince días, para asegurar buen sellado de la botella con las válvulas de llenado.
3. Inspección de habas cónicas y tulipas por lo menos una vez a la semana.
4. Inspección de las barboletas por lo menos una vez a la semana, para asegurar correcta apertura y llenado por medio de las válvulas.

Además, se propone establecer como rutina del operador de llenadora el monitoreo hora a hora de las válvulas de llenado en ambas máquinas, para poder identificar las válvulas que estén teniendo problemas frecuentes de nivel bajo. El objetivo sería que durante producción se puedan arreglar los defectos que se presenten en las válvulas y así reducir la cantidad de botellas que se descartaran como nivel bajo en llenadoras.

Se propone llevar un apuntamiento para el seguimiento del comportamiento de las válvulas y para que se tengan marcadas las válvulas que necesitan ser desmontadas e intervenidas durante producción, para su completo mantenimiento durante las paradas de línea.

#### 4.1.1.3. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA UNO

Luego de realizada la primera semana de observación, se propuso a la empresa poner en marcha la propuesta de solución uno antes descrita para evaluar su efectividad.

**Tabla 10.** Resultados luego de la aplicación de la propuesta de solución 1.

	Volumen de cerveza (Hl.)		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Producción líquida	7464	7268	7358
Cerveza consumida	7620	7413	7498

##### **Nivel bajo derramado**

Llenadoras	20.2	18.30	17.42
Rotuladoras	33.4	28.53	25.71

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

En base a los resultados obtenidos se realizó el cálculo de la merma de extracto, el impacto del nivel bajo de llenado en la merma de extracto total y la productividad para cada semana.

**Tabla 11.** Resultados luego de la aplicación de la propuesta de solución 1.

	Resultados luego de la aplicación de la propuesta de solución 1		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
<i>Merma de extracto</i>	2.05%	1.96%	1.87%
<i>Impacto de nivel bajo en Mde</i>	34.36%	32.30%	30.81%
<i>Productividad</i>	97.95%	98.04%	98.13%

**Fuente:** *Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.*

Como se observa en la tabla 10 luego de iniciada la aplicación de la propuesta uno, se ve una evolución en la merma de extracto total de la línea y también en la productividad.

#### **4.1.1.4. IMPACTO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA UNO**

Para poder hacer una evaluación del impacto económico positivo obtenido por la propuesta de solución uno planteada, esta investigación hará una simulación del costo de la merma de extracto de las semanas uno, dos y tres asumiendo que la merma de extracto se hubiera mantenido constantes en 2.26% como la semana de observación (ver estudio de la situación inicial) para luego compararla con el costo de la merma de extracto obtenido luego de la implementación de la propuesta uno.

El cálculo económico se hará en base al costo de producción por hectolitro en Junio del 2015, 77.07 soles (ver tabla 2 del capítulo 1).

**Tabla 12.** Evaluación económica de simulación de merma al 2.26%.

	Resultados simulados a una merma del 2.26%		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Mde (Hectolitros)	172.21	167.53	169.45
Costo de Mde (Soles)	13272.38	12911.83	13059.88

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

**Tabla 13.** Evaluación económica luego de la aplicación de la propuesta de solución uno.

	Resultados luego de la aplicación de la propuesta de solución uno		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Mde (Hectolitros)	156.00	145.00	140.00
Costo de Mde (Soles)	12022.92	11175.15	10789.80

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

**Tabla 14.** Cálculo de ahorro propuesta de solución uno.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Diferencia de costo Mde (Soles)	1,249.46	1,736.68	2,270.08
Costos por mantenimiento (Soles)	515	545	665
Ahorro de la propuesta (Soles)	734.46	1,191.68	1,605.08

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

Como se muestra en la evaluación anterior de haberse mantenido la merma en 2.26% con la misma condición de problemática de nivel bajo se hubieran incurrido en los costos extras mostrados en la tabla catorce (ver diferencia de costo Mde).

En la tabla catorce se muestra el ahorro por semana, por tanto, se demuestra que la propuesta de solución uno para reducir la merma de extracto por nivel bajo es económicamente viable.

## **4.1.2. CORTES DE PRODUCCIÓN**

Para cada corte de producción o cambio de formato se genera una pérdida de hectolitros de cerveza que podrían ser entregados como producto terminado, ya que el líquido que queda en las tuberías y en las cúpulas las llenadoras no es envasado.

### **4.1.2.1. ESTUDIO DEL MÉTODO INICIAL DE CORTES DE PRODUCCIÓN**

**(Utilizado hasta el primer semestre del 2015)**

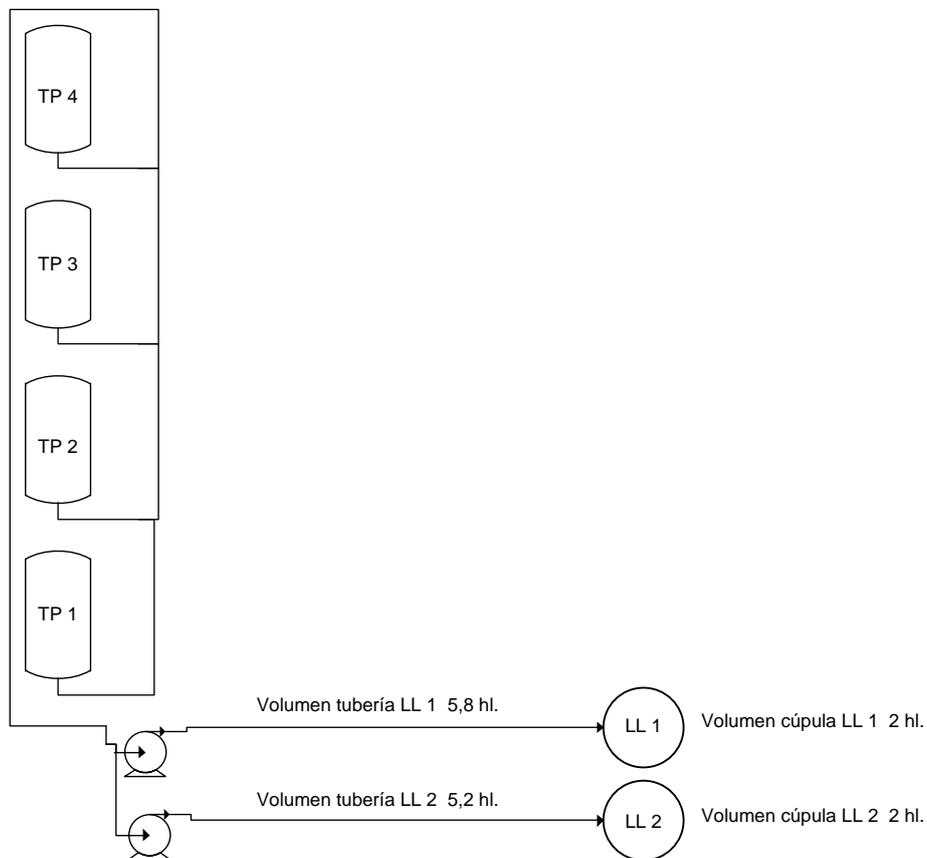
Con el objetivo de estudiar el método actual se tomó como referencia al técnico operador Segundo Correa y al operador William Santamaría, a quienes se les entrevistó y acompañó en campo durante los cortes de producción por un periodo de 7 días.

Se observó que para los cortes de producción el procedimiento es retornar la cerveza remanente de las tuberías y cúpulas de las llenadoras hacia el área de filtración desplazando el líquido remanente con presión de CO<sub>2</sub>. El líquido es direccionado a un tanque pulmón para luego ser recuperado en el próximo ciclo de filtración.

Para determinar la pérdida fija de cerveza que representa cada corte de producción se buscó definir el volumen total que contienen las tuberías desde las bombas de envío de cerveza (ubicadas físicamente en el área de filtración) hasta el ingreso a las cúpulas de las llenadoras.

Se realizaron pruebas con agua para precisar el volumen de cerveza perdida en cada corte y se definió que el volumen que contienen las tuberías desde las bombas de envío de cerveza hasta el ingreso a las cúpulas es 5.8 hl. y 5.2 hl., para las llenadoras 1 y 2, respectivamente. Y el volumen de cada cúpula al 75% (porcentaje en el que se mantienen las cúpulas durante un proceso normal de envasado) es 2 hl.

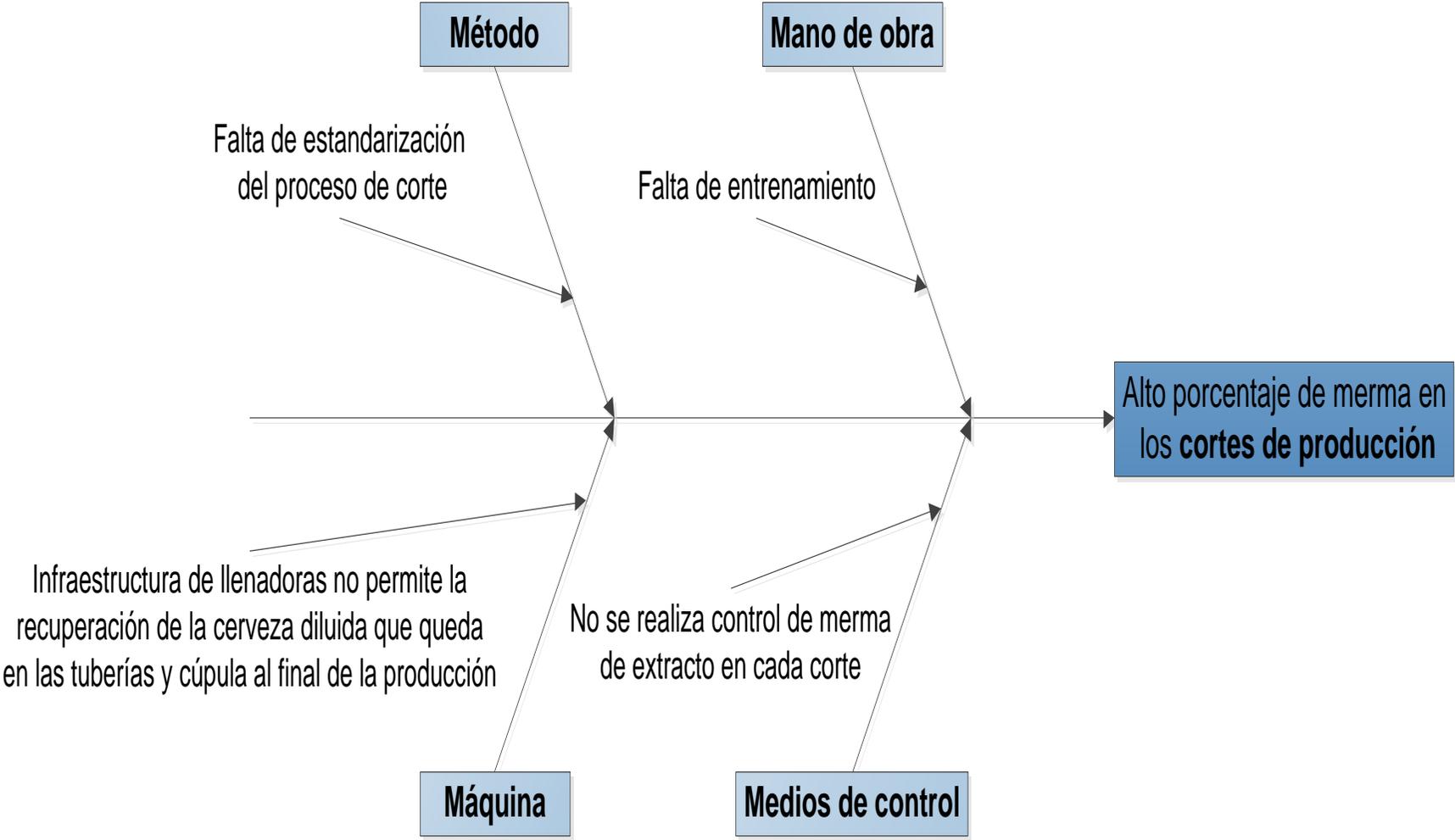
**Ilustración 10.** Diagrama sobre recorrido de cerveza por tuberías, desde las bombas de envío de líquido hacia las llenadoras.



**Fuente:** Elaboración propia.

Con esto se concretó que el total de volumen perdido tras cada corte de producción es de 15 hectolitros, que equivale a 2381 botellas o a 198 cajas (cálculo realizado considerando el formado 630 ml. que representa el 90% del mix de formatos que produce la empresa).

**Ilustración 11:** Diagrama causa-efecto del alto porcentaje de merma en los cortes de producción.



**Fuente:**

*Elaboración*

*propia.*

#### **4.1.2.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN DOS - NUEVO MÉTODO DE CORTE DE PRODUCCIÓN**

El método propuesto por la presente investigación se basa en el estudio de los procedimientos de cortes de producción en líneas de envasado de bebidas gaseosas de la propia empresa y en la propiedad de impenetrabilidad de la materia.

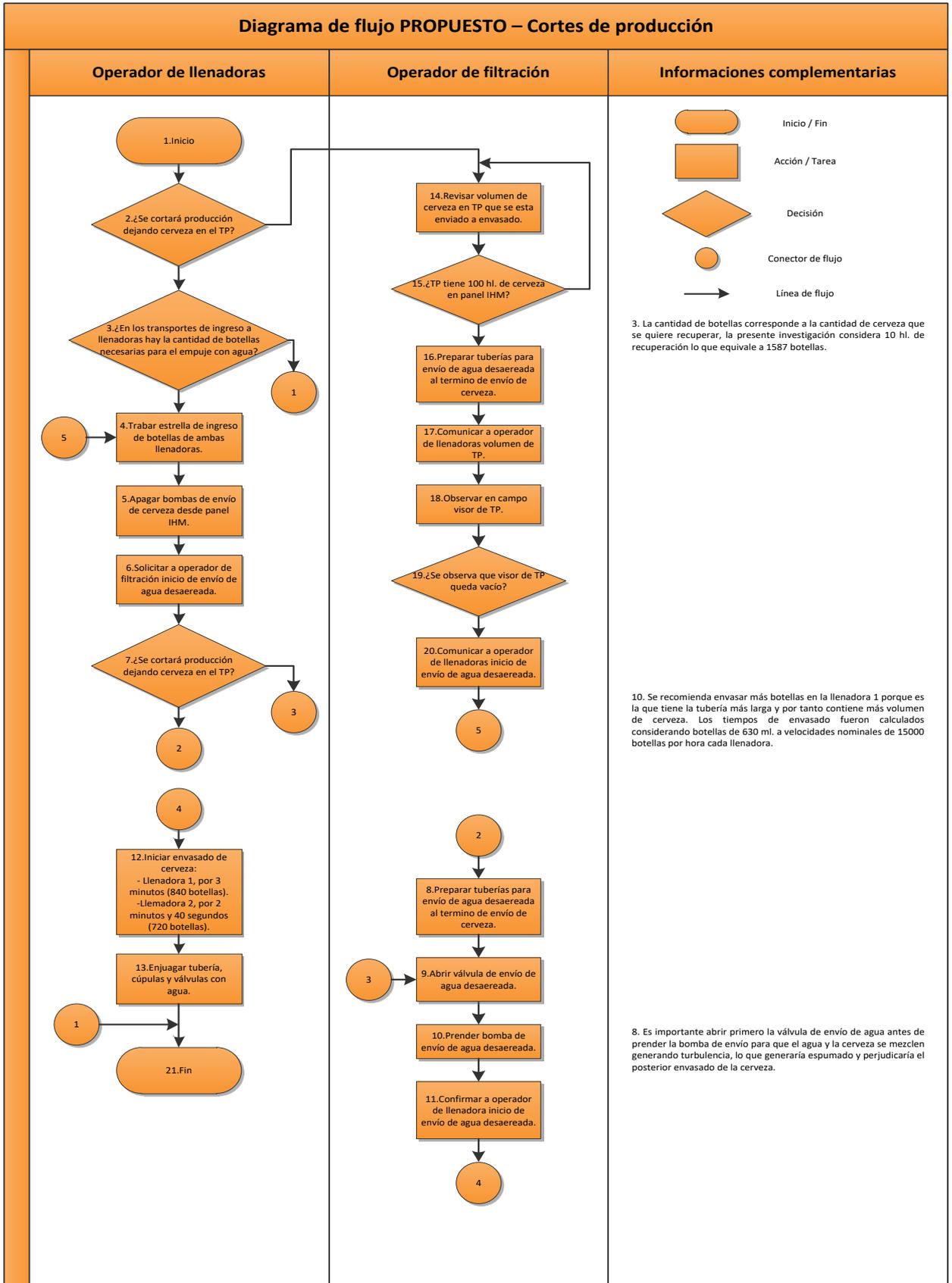
Se consideró relevante iniciar estudiando el método de corte de producción en las líneas de envasado de gaseosa de la misma planta, para lo cual se entrevistó al técnico operador Jorge Quecaño. Se encontró que para mejorar su productividad y reducir la pérdida de azúcar las líneas envasan el total de bebida que hay en la tubería desde el carbocooler hasta la cúpula de la llenadora.

Para realizar esta operación, cuando se termina la gaseosa en el carbocooler, se inicia el envío de agua hacia la llenadora por la misma tubería que se envía gaseosa, lo que genera que el agua desplace y de alguna manera empuje la gaseosa que se encuentra remanente en la tubería hacia la cúpula de la llenadora.

Luego de estudiar el método de corte de producción en las líneas de envasado de gaseosa, lo que la presente investigación propone es realizar el mismo procedimiento de empuje con agua para recuperar parte de los 15 hectolitros de cerveza que quedan remanentes en las tuberías tras cada corte de producción, con la diferencia de utilizar agua desaerada para mantener el bajo índice de oxígeno incorporado a la cerveza. Esta propuesta es reforzada la propiedad de impenetrabilidad de la materia que expone que dos cuerpos no pueden ocupar de forma simultánea el mismo espacio durante el mismo periodo de tiempo.

Para poder realizar la operación descrita en el párrafo anterior la presente investigación propone el siguiente procedimiento que asegurará la calidad del producto envasado, reducirá y estandarizará la cantidad de cerveza perdida en cada corte de producción, lo que incrementará la productividad de la línea 819.

**Tabla 15. Diagrama de flujo propuesto del procedimiento de corte de producción.**



#### 4.1.2.3. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DOS - NUEVO MÉTODO DE CORTE DE PRODUCCIÓN

Con la propuesta planteada se reduciría el total del volumen de cerveza perdida en los cortes de producción. Se estandarizaría el proceso y de los 15 hectolitros perdidos inicialmente se estarían envasando hasta 10 hectolitros más por corte de producción.

Se ha realizado una simulación de la mejora planteada en las mismas semanas uno, dos y tres evaluadas en la propuesta de solución uno.

**Tabla 16.** Resultados luego de la simulación de la propuesta dos.

	Simulación luego de la aplicación de la propuesta de solución dos		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Número de cortes de producción	2	2	1
Ganancia por propuesta (HI.)	20	20	30
Producción líquida (simulación)	7484	7288	7368
Cerveza consumida	7620	7413	7498
<i>Merma de extracto (inicial)</i>	2.05%	1.96%	1.87%
<i>Merma de extracto (simulación)</i>	1.78%	1.69%	1.73%
<i>Productividad (inicial)</i>	97.95%	98.04%	98.13%
<i>Productividad (simulación)</i>	98.22%	98.31%	98.27%
<b>GAP de productividad</b>	<b>0.27%</b>	<b>0.27%</b>	<b>0.14%</b>

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

#### 4.1.2.4. IMPACTO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DOS - NUEVO MÉTODO DE CORTE DE PRODUCCIÓN

La presente investigación ha realizado una simulación de los ahorros en merma por la implementación de la propuesta de solución dos que se compara a los resultados obtenidos en las semanas uno, dos y tres luego de la implementación de la propuesta de solución uno.

El cálculo económico se hará en base al costo de producción por hectolitro en Junio del 2015, 77.07 soles (ver tabla 2 del capítulo 1).

**Tabla 17.** Resultados luego de la implementación de la propuesta uno.

	Resultados luego de la aplicación de la propuesta de solución uno		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Mde (Hectolitros)	156.00	145.00	140.00
Costo de Mde (Soles)	12022.92	11175.15	10789.80

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

**Tabla 18.** Resultados de la simulación de la propuesta dos.

	Resultados luego de la simulación de la propuesta de solución dos		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Mde (Hectolitros)	136	125	130
Costo de Mde (Soles)	10481.52	9633.75	10019.1

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

**Tabla 19.** Cálculo de ahorro propuesta dos.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Ahorro de la propuesta (Soles)	1,541.40	1,541.40	770.70

**Fuente:** *Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.*

En la tabla anterior se ha demostrado la factibilidad económica de la implementación de la propuesta dos para reducir la pérdida fija tras cada corte de producción, la propuesta carece de inversión monetaria, sin embargo, implica el compromiso del equipo de supervisión para desdoblar el nuevo procedimiento y también de la operación que lo ejecutará.

### **4.1.3. ARRANQUES DE PRODUCCIÓN**

Como se ha explicado en un capítulo I, los arranques de producción generan una pérdida fija de cerveza. En cada inicio de producción se debe asegurar condiciones adecuadas en las tuberías que transportan el líquido desde los tanques de cerveza filtrada (TP) y en las cúpulas (o tasas) de las llenadoras.

Las condiciones que se buscan son las especificadas en los padrones operaciones estandarizados de la empresa sobre los procesos de llenado y taponado:

- Temperatura de la cerveza: < 2°C
- TPO de la cerveza: < 30 ppb
- Presión de CO<sub>2</sub> en las cúpulas: 1.80 a 2.20 bar

Para alcanzar las condiciones mencionadas líneas arriba se debe drenar una cantidad de cerveza, esta operación no está correctamente estandarizada ya que el volumen drenado va variando dependiendo del operador que este de turno.

Se ha realizado un estudio de la metodología existente para los arranques de producción, para luego proponer un método más eficiente y de esta manera mejorar la productividad de la línea 819 al reducir la cantidad de cerveza drenada en cada arranque de producción.

#### **4.1.3.1. ESTUDIO DEL MÉTODO INICIAL DE ARRANQUES DE PRODUCCIÓN**

**(Utilizado hasta el primer trimestres del 2015)**

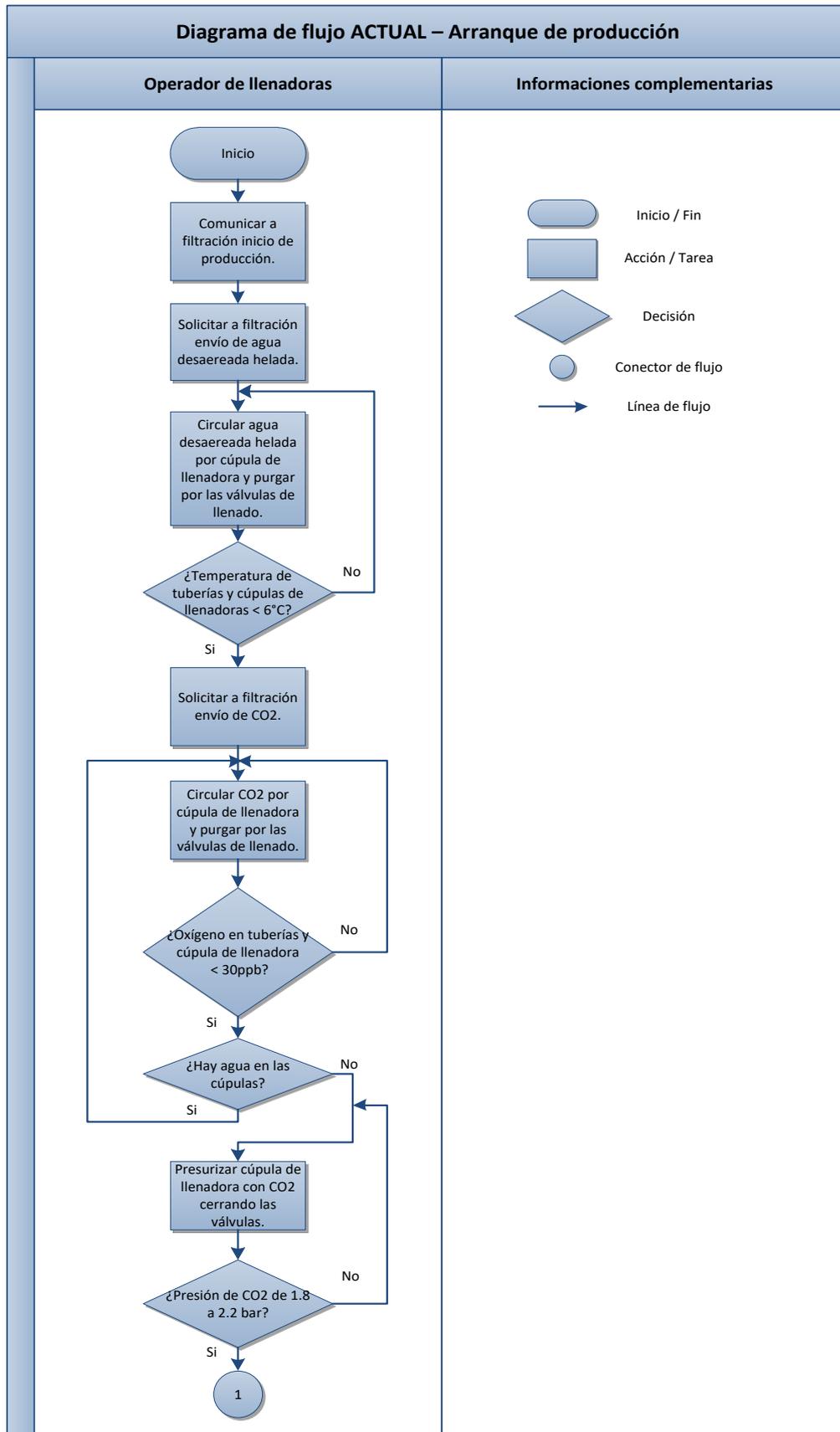
Para poder determinar el método actual se tomó como referencia al técnico operador Segundo Correa, a quien se le entrevistó y acompañó en campo durante los inicios de producción por un periodo de 15 días.

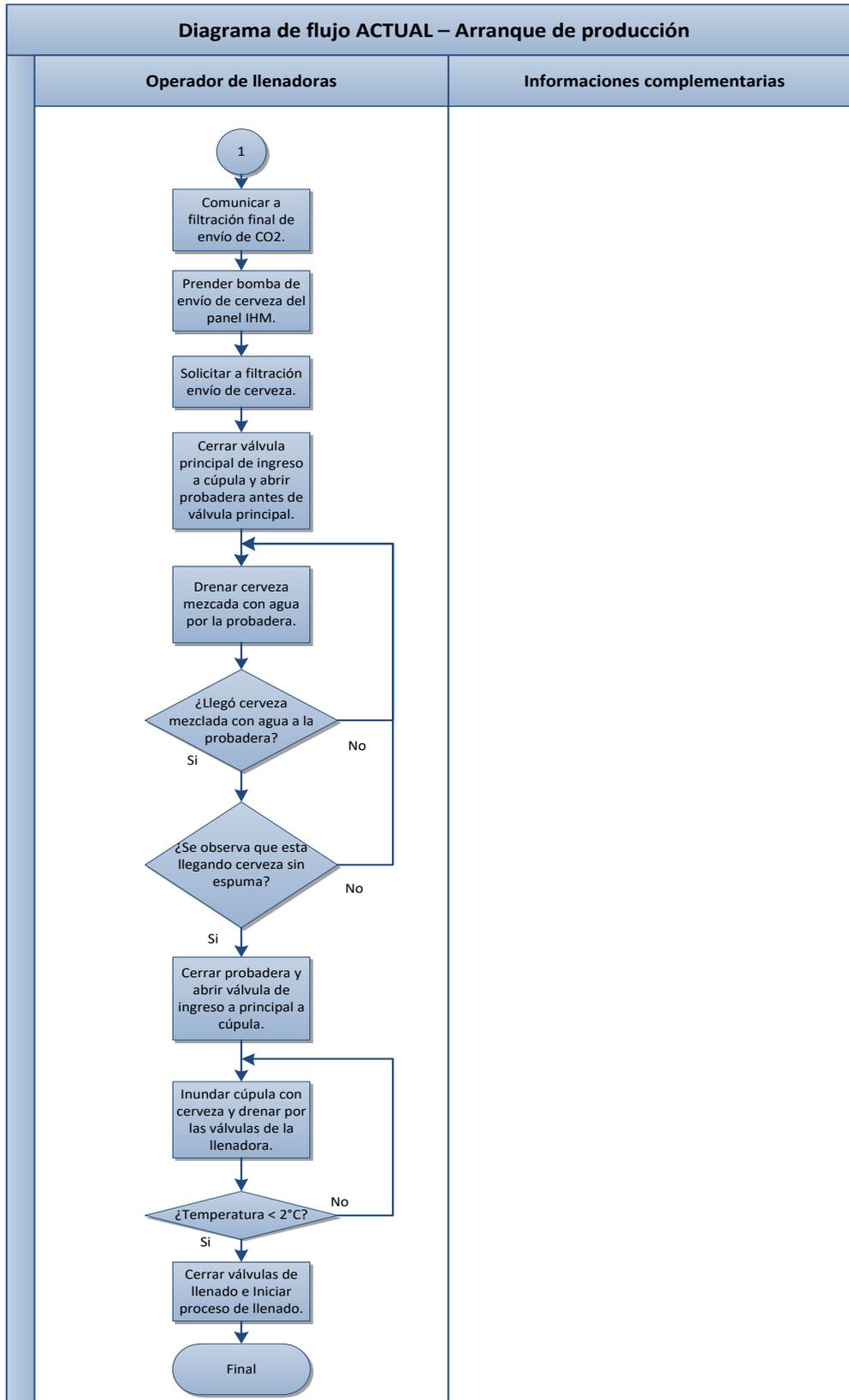
El técnico Correa tiene 10 años de compañía y es operador referente de las llenadoras. Es el funcionario con más experiencia y

pertenece al grupo de personas que fueron enviadas a Brasil a capacitarse sobre el proceso de envasado antes del montaje de la planta Huachipa, puntualmente fue entrenado en el mantenimiento autónomo y operación de llenadoras isobáricas.

El proceso utilizado se ha representado en el siguiente flujograma.

**Tabla 20.** Diagrama de flujo inicial del procedimiento de arranque de producción.





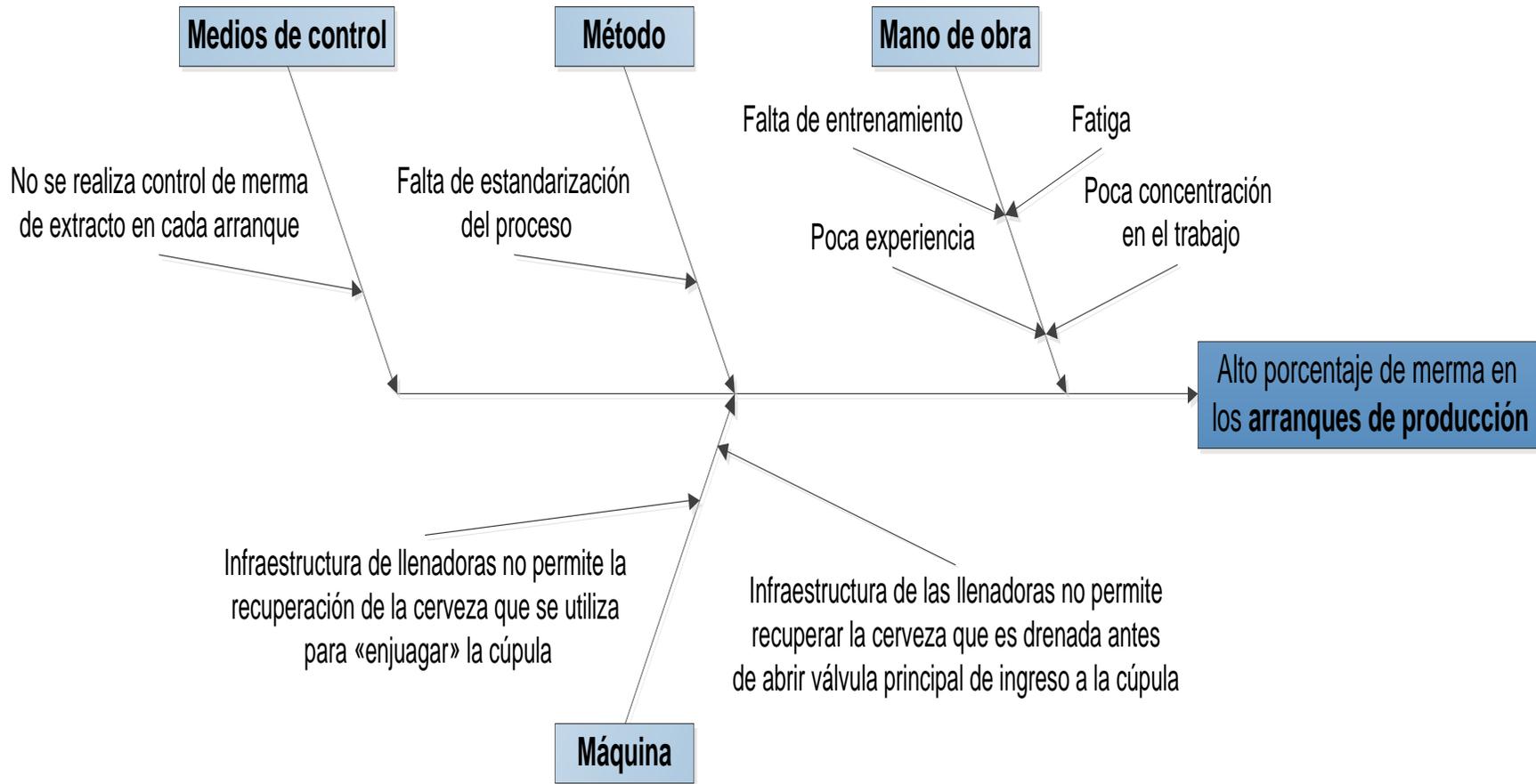
**Fuente:** Elaboración propia.

Durante el estudio del método utilizado se observa que en la actividad de purga del líquido los operadores usan sus propios criterios buscando asegurar la calidad en su operación, haciendo variaciones sobre el procedimiento inicial mostrado en el diagrama de flujo anterior.

- Tres operadores purgan líquido por la probadera hasta que ven cerveza pura por el visor al ingreso de llenadora, para asegurar que la cerveza envasada tenga la concentración correcta.
- Dos operadores purgan líquido por las válvulas de las llenadoras hasta que ven cerveza pura por el visor al ingreso de las máquinas, para asegurar que la cerveza envasada tenga la concentración correcta.
- Un operador usa la cerveza para llevar las cúpulas a una temperatura menor a dos grados centígrados, purgando cerveza por las válvulas de las llenadoras hasta lograr esta condición.

El estudio realizado demostró que la operación de arranque de producción no está estandarizado y la cantidad de cerveza drenada muestra una alta variabilidad que no es mapeada en la estratificación de merma de extracto en la línea de envasado y tampoco es controlada. Esta operación es subjetiva y depende del criterio del operador.

**Ilustración 12.** Diagrama causa-efecto del alto porcentaje de merma en los arranques de producción.



**Fuente:**

*Elaboración*

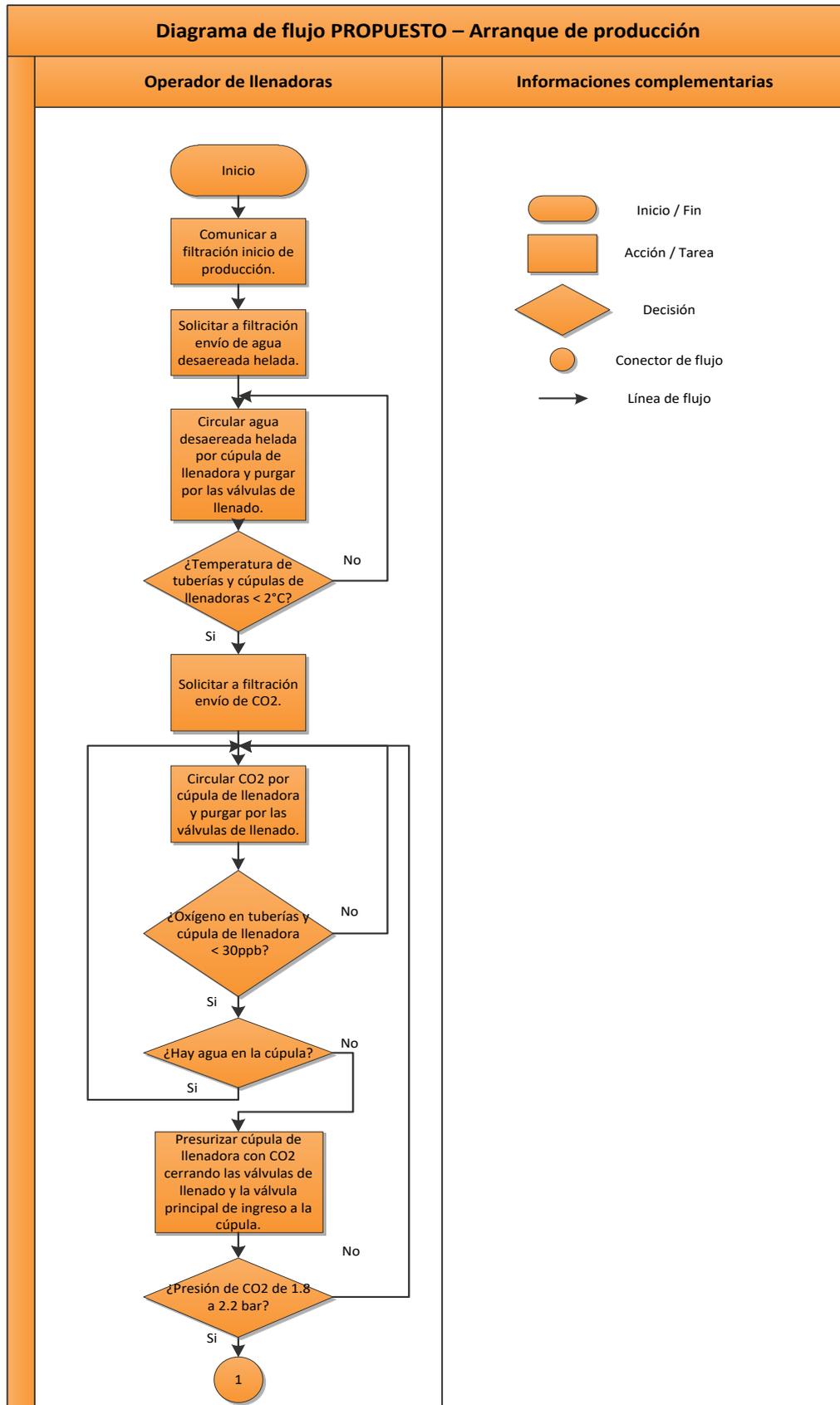
*propia.*

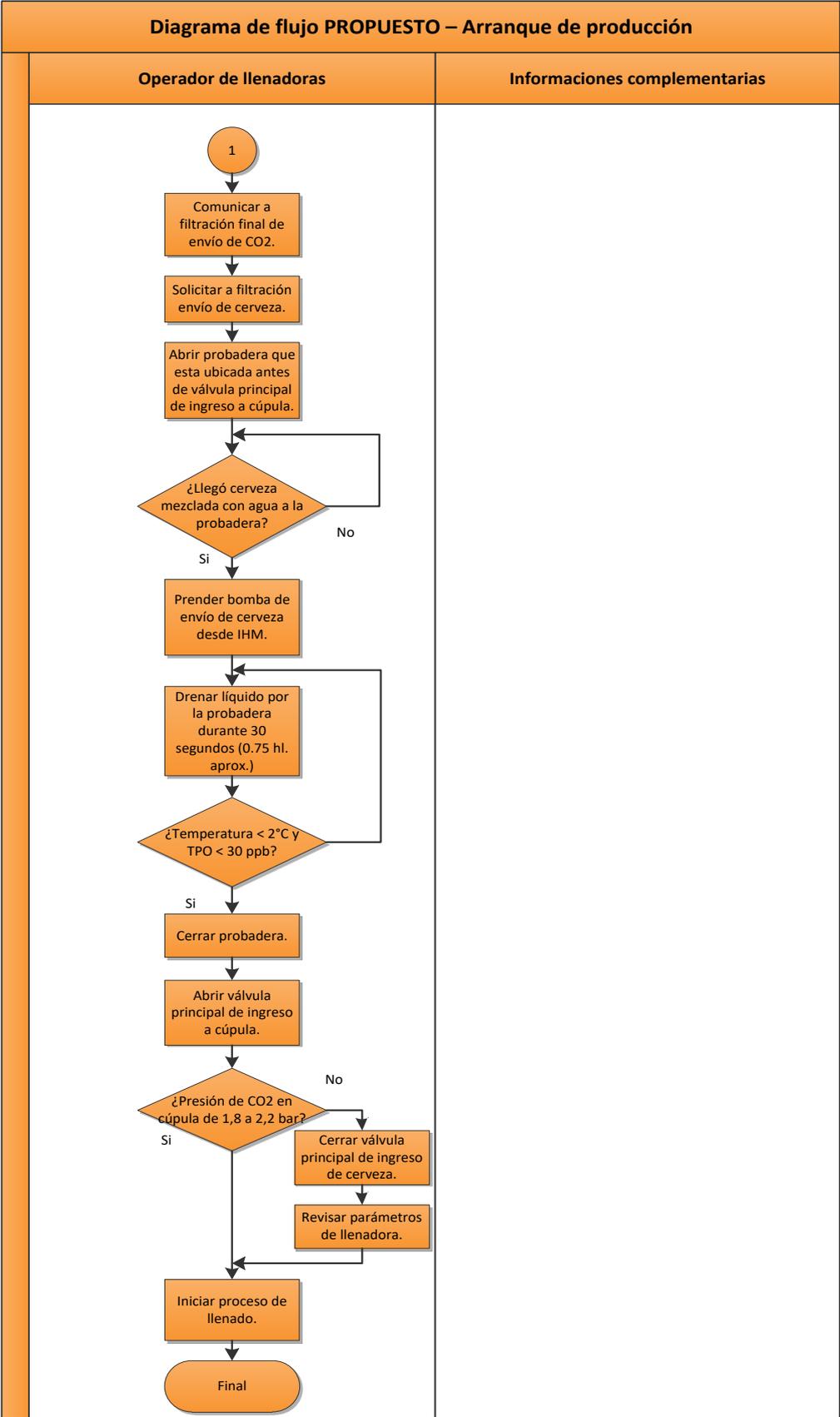
#### **4.1.3.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN TRES – NUEVO MÉTODO DE ARRANQUE DE PRODUCCIÓN**

Luego de analizar el método utilizado y hacer un estudio de las condiciones físicas de las llenadoras se propone una nueva metodología para los arranques de producción.

Esta propuesta está basada en pruebas realizadas en la línea de envasado de cerveza para cuantificar la cantidad de cerveza que se debería drenar en cada procedimiento de arranque. Este estudio de métodos resultó en la propuesta del siguiente procedimiento detallado para la operación de arranque, que asegurará la calidad del producto envasado, reducirá la cantidad de cerveza drenada y estandarizará la cantidad de cerveza purgada, lo que incrementará la productividad de la línea 819.

**Tabla 21.** Diagrama de flujo propuesto del procedimiento de arranque de producción.





Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3.3. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA TRES – NUEVO MÉTODO DE ARRANQUE DE PRODUCCIÓN

Con esta propuesta planteada se reduciría el total del volumen de cerveza drenada en los arranques de producción, de 7 hectolitros (promedio en el primer semestre del 2015 entre ambas llenadoras) a 1.5 hectolitros y se estandarizaría el proceso.

Se ha realizado una simulación de la mejora planteada en las mismas semanas uno, dos y tres evaluadas en la propuesta de solución uno.

**Tabla 22.** Resultados luego de la simulación de la propuesta tres.

	Simulación luego de la aplicación de la propuesta de solución tres		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Número de inicios de producción	2	2	1
Ganancia por propuesta (Hl.)	11	11	5.5
Producción líquida (simulación)	7475	7279	7363.5
Cerveza consumida	7620	7413	7498
<i>Merma de extracto (inicial)</i>	2.05%	1.96%	1.87%
<i>Merma de extracto (simulación)</i>	1.90%	1.81%	1.79%
<i>Productividad (inicial)</i>	97.95%	98.04%	98.13%
<i>Productividad (simulación)</i>	98.10%	98.19%	98.21%
<b>GAP de productividad</b>	<b>0.15%</b>	<b>0.15%</b>	<b>0.08%</b>

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

#### 4.1.3.4. IMPACTO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA TRES – NUEVO MÉTODO DE ARRANQUE DE PRODUCCIÓN

La presente investigación ha realizado una simulación de los ahorros en merma por la implementación de la propuesta de solución tres que se compara a los resultados obtenidos en las semanas uno, dos y tres luego de la implementación de la propuesta de solución uno.

El cálculo económico se hará en base al costo de producción por hectolitro en Junio del 2015, 77.07 soles (ver tabla 2 del capítulo 1).

**Tabla 23.** Resultados luego de la implementación de la propuesta uno.

	Resultados luego de la aplicación de la propuesta de solución uno		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Mde (Hectolitros)	156.00	145.00	140.00
Costo de Mde (Soles)	12022.92	11175.15	10789.80

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

**Tabla 24.** Resultados de la simulación de la propuesta tres.

	Resultados luego de la simulación de la propuesta de solución tres		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Mde (Hectolitros)	145	134	134.5
Costo de Mde (Soles)	11175.15	10327.38	10365.915

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

**Tabla 25.** Cálculo de ahorro propuesta tres.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Ahorro de la propuesta (Soles)	847.77	847.77	423.89

**Fuente:** Compañía cervecera ambev Perú; elaboración propia.

En la tabla anterior se ha demostrado la factibilidad económica de la implementación de la propuesta tres para reducir la pérdida fija durante cada arranque de producción, la propuesta carece de inversión monetaria, sin embargo, implica el compromiso del equipo de supervisión para desdoblarse el nuevo procedimiento y también de la operación que lo ejecutará.

## 1.1. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LAS PROPUESTAS PLANTEADAS

La principal ventaja de las alternativas de solución que la presente investigación propone es que no considera la implementación de nuevos equipos y se enfoca en las actuales limitantes de la línea de envasado para así obtener una mejora en el indicador de merma de extracto de malta de manera inmediata lo que generará un impacto positivo importante en la productividad de la línea.

Por lo expuesto en el párrafo anterior la implementación de las mejoras propuestas son de bajo costo, porque son básicamente mejoras en el método de ejecución de las operaciones y en el caso de la propuesta de solución uno si incluye gastos por repuestos y mano de obra.

Es importante precisar que todos los cambios en las operaciones deben ser estandarizadas por medio de la elaboración de padrones operacionales y capacitación al cien por ciento de los operadores involucrados en cada actividad.

Siempre que las operaciones se cumplan según los nuevos procedimientos propuestos se reducirá la merma de extracto y por ende aumentará la productividad de la línea de envasado como se ha demostrado en las secciones anteriores, sin embargo, la mayor limitación de las propuestas planteadas es el factor humano porque el éxito de los procedimientos dependerá del grado de instrucción de los operadores en los padrones, al ser todos procedimientos que deben hacerse de forma manual.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 2.1. CONCLUSIONES

1. La presente investigación concluye que, para obtener una mejora significativa en la merma de extracto y, por tanto, de la productividad, se necesita poner especial atención en todas las actividades que son realizadas de forma manual por los operadores y estandarizar de forma efectiva los procedimientos correctos para cada operación, los mismos que son propuestos por la presente investigación.

2. La propuesta número uno, planteada en el punto 4.1.1.2. del capítulo IV, debe ser implementada con el cien por ciento de la operación y se le debe hacer seguimiento por parte del equipo de supervisores, porque se ha demostrado en el capítulo anterior que esta alternativa de solución resultó en una mejora de la productividad.

El indicador de productividad estaba inicialmente en 97.47% y, luego de la implementación de la mejora, este indicador aumentó a 97.95%, 98.04% y 98.13%; respectivamente; en las tres semanas consecutivas de implementación.

Además, en las tres semanas expuestas en este trabajo se representó un ahorro significativo que asciende a 3,531 soles.

3. La segunda alternativa de solución planteada en el capítulo IV, es sobre un nuevo procedimiento de cortes de producción, el mismo que generará un ahorro de 10 hectolitros en cada final de producción.

Luego de haber simulado la implementación de esta propuesta, los resultados son favorables para su implementación próxima.

Se evaluaron las tres semanas de la propuesta uno versus la simulación de la implementación de la propuesta dos y la productividad tuvo brechas positivas en cada semana de: 0.27%, 0.27% y 0.14%, respectivamente.

Adicional a la mejora de la productividad, la implementación de este nuevo procedimiento hubiera representado un ahorro de 3,853.5 soles.

4. Respecto a la tercera propuesta planteada en el capítulo anterior sobre la mejora en el procedimiento de arranques de producción, esta representa una clara oportunidad para seguir mejorando el indicador de merma y, por tanto, de productividad de la línea 819.

Se evaluó la productividad de las tres semanas de la propuesta uno versus la productividad de la simulación de ahorro por la propuesta tres y los resultados fueron *gaps* positivos de: 0.15%, 0.15% y 0.08%, respectivamente.

Como consecuencia de la reducción de la merma de extracto, la implementación de esta propuesta también hubiera generado un impacto económico a favor de la empresa de 2,119.41 soles, en las tres semanas del estudio.

## **2.2. RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES**

- La presente investigación considera que el primer indicador de éxito de todas las propuestas de mejora planteadas es el recurso humano. Es la gente la que debe estar entrenada en un cien por ciento en todos los padrones operacionales. Además, los operadores tienen que ser informados del impacto e importancia que tiene su trabajo para la mejora de productividad de la línea. Y lo más importante es que ellos deben sentirse dueños de las mejoras planteadas, ya que al momento de implementarlas no deben ser puestas como mandatorias sino que deben ser trabajadas e implementadas con los operadores involucrados para que de ellos nazca el sentimiento de propiedad hacia los nuevos procedimientos y los hagan día a día, no solo como parte de su obligación, sino como parte de su contribución para mejorar los resultados del área donde laboran.
- Respecto a la propuesta planteada sobre los cortes de producción, en busca de cuidar la calidad del producto final la presente investigación recomienda que durante el periodo de implementación del nuevo procedimiento se consideren los siguientes puntos. Hacer análisis de mosto básico y alcohol de las últimas doce botellas envasadas de cada llenadora y generar un espacio de separación (en el transporte) entre las botellas envasadas con el empuje de agua desaerada y las botellas de la producción normal para tener la posibilidad de separar en físico estos 10 hl. envasados al final, de estar fuera

de especificación. Lo que aseguraría la calidad del producto terminado durante el periodo de implementación y aprendizaje.

- Para mejorar la efectividad de la propuesta planteada para los cortes de producción se recomienda automatizar el procedimiento de empuje de cerveza con agua desaerada. La propuesta planteada en esta investigación es que el operador envase una cantidad determinada de botellas por un tiempo establecido, si ocurriera algún inconveniente de espumeo u otro problema durante el nuevo procedimiento se tiene el riesgo de envasar menos botellas y perder cerveza o de envasar demasiadas botellas con una cerveza diluida.

Se recomienda evaluar la factibilidad de programar los conductivímetros que se encuentran en las tuberías próximas al ingreso de las cúpulas de las llenadoras para mandar una señal hacia las mismas y trabar el ingreso de botellas de forma automática cuando la conductividad del líquido baje de 1.25 mS (conductividad de la cerveza) a 0.25 mS (conductividad del agua) para evitar el ingreso de cerveza diluida a las cúpulas y asegurar la calidad del producto envasado durante los cortes de producción.

- Se recomienda mantener un seguimiento de la estratificación de la merma de extracto por formato de manera diaria. Mediante la medición de la merma se puede determinar si hay variaciones en los puntos de pérdida mapeados y así poder controlarlos, ya que lo que se mide, se controla y lo que se controla se mejora.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, C. &. (2012). *ANÁLISIS Y MEJORA DE PROCESOS EN UNA EMPRESA*. Lima.
- Bamforth, C. W. (2003). *Beer : Tap into the Art and Science of Brewing*. EEUU: Oxford University Press, Incorporated.
- Barth, R. (Noviembre de 2013). *Chemistry of Beer : The Science in the Suds*. EEUU: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Benjamin W., N. (2013). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*.
- Chang, R. (1999). *Las Herramientas para la mejora continua de la Calidad*. Buenos Aires: Granica.
- Correa, S. (18 de Mayo de 2015). Arranques de producción. (G. Romani, Entrevistador)
- Correa, S. (1 de Junio de 2015). Cortes de producción. (G. Romani, Entrevistador)
- Correa, S. (1 de Julio de 2015). Volumen inmetro. (G. Romani, Entrevistador)
- Espinoza, V., & Guinand, A. (2007). *Análisis de los procesos en el área de envasado, destinado a reducir las mermas de cuerpos latas y tapas de latas en una empresa nacional de consumo masivo*. Caracas, Venezuela.
- Garzón, A. P. (2009). *Diseño de propuesta para mejorar la productividad en una línea de envasado en una empresa productora de bebidas de consumo masivo*. Caracas, Venezuela.
- Guajardo, E. (1996). *Administración de la Calidad Total: Conceptos y enseñanzas*. México, D.F: Pax México.
- Holguín, F. y. (1993). *Estadística*. México: Diana.
- James, P. (1997). *Gestión de la calidad total*. Madrid: Prentice Hall Iberia.
- López, F. y. (2014). *Tierra de los faraones*. Obtenido de Egiptología:  
<http://www.egiptologia.org/>
- Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos. Lima, Perú.
- Morales Vallejo, P. (2011). *Estadística aplicada a las ciencias sociales*. Madrid, España.: Universidad Pontificia Comillas.

- Nuñez B., M. (2007). *Material de apoyo del seminario Gestión de la Productividad*. Barquisimeto, Venezuela.: Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, mención Productividad. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”.
- Quecaño, J. (8 de Junio de 2015). Cortes de producción en líneas de gaseosa. (G. Romani, Entrevistador)
- RAE. (Octubre de 2014). 23a. Edición del diccionario de RAE.
- Santamaria, W. (1 de Junio de 2015). Cortes de producción. (G. Romani, Entrevistador)
- Santamaria, W. (6 de Julio de 2015). Volumen inmetro. (G. Romani, Entrevistador)
- Thomas, J. (2010). Future success strategies for carbonated soft drinks. *Packaging developments*.
- Thomas, J. (2010). *Future success strategies for carbonated soft drinks*.
- Twede, D. (2012). The birth of modern packaging. *Journal of Historical Research in Marketing*.
- Vilchez, R. (2015). *Diagnóstico y mejora de procesos utilizando simulación de eventos discretos en una empresa de consumo masivo*. Lima.
- Walbridge, W. (1920). *American Bottles Old and New: A Story of the Industry in the United States, The Owens Bottle Company*. Toledo, OH.

## ANEXOS

### ANEXO 1: MUESTRA PARA EVALUAR NIVEL BAJO INICIAL DE LLENADORAS

Número de muestra	Volumen inmetro (ml.)	Número de muestra	Volumen inmetro (ml.)	Número de muestra	Volumen inmetro (ml.)
1	631	51	627	101	622
2	616	52	644	102	616
3	623	53	628	103	629
4	616	54	623	104	623
5	616	55	627	105	629
6	637	56	621	106	617
7	617	57	631	107	629
8	635	58	622	108	619
9	620	59	615	109	619
10	618	60	616	110	631
11	627	61	634	111	637
12	617	62	623	112	618
13	625	63	636	113	629
14	622	64	624	114	616
15	618	65	626	115	613
16	619	66	616	116	620
17	631	67	628	117	625
18	635	68	619	118	624
19	632	69	624	119	632
20	633	70	617	120	630
21	622	71	616	121	622
22	617	72	620	122	647
23	637	73	617	123	629
24	629	74	620	124	620
25	631	75	615	125	618
26	628	76	647	126	623
27	621	77	620	127	631
28	622	78	619	128	635
29	637	79	617	129	619
30	618	80	622	130	631
31	646	81	636	131	627
32	620	82	622	132	620
33	621	83	617	133	633
34	636	84	618	134	624
35	625	85	620	135	625
36	616	86	631	136	615
37	620	87	622	137	618
38	637	88	635	138	617
39	645	89	628	139	625
40	628	90	619	140	637
41	634	91	616	141	617
42	620	92	625	142	624
43	635	93	628	143	619
44	631	94	629	144	616
45	628	95	616	145	620
46	615	96	627	146	636
47	620	97	630	147	623
48	625	98	616	148	632
49	619	99	619	149	622
50	620	100	618	150	633

*Fuente: Elaboración propia.*

## ANEXO 2: PROPUESTA DE CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS DE LLENADO

### Cronograma de mantenimiento de válvulas propuesta para la llenadora 1

Total de válvulas 80

Fecha propuesta	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8
N° de válvula	01-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80

**Fuente:** Elaboración propia.