



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**CONTROL ESTADÍSTICO EN UN PROCESO DE ENVASADO, COMO UN APOYO  
PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO, EN UNA EMPRESA DE  
BEBIDAS CARBONATADAS**

**Manfredo Martínez Velásquez**

Asesorado por el Ing. Eugenio Leonel de León Salazar

Guatemala, enero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONTROL ESTADÍSTICO EN UN PROCESO DE ENVASADO, COMO UN APOYO  
PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO, EN UNA EMPRESA DE  
BEBIDAS CARBONATADAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MANFREDO MARTÍNEZ VELÁSQUEZ**

ASESORADO POR EL ING. EUGENIO LEONEL DE LEÓN SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto García Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **CONTROL ESTADÍSTICO EN UN PROCESO DE ENVASADO, COMO UN APOYO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO, EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha mayo de 2015.

**Manfredo Martínez Velásquez**

Guatemala, agosto de 2016

Ingeniero  
Juan José Peralta Dardón  
Director de la Escuela  
Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que tras haber asesorado y revisado el trabajo de graduación titulado "CONTROL ESTADÍSTICO EN UN PROCESO DE ENVASADO, COMO UN APOYO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO, EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS", elaborado por el estudiante Manfredo Martínez Velásquez identificado con carné número: 2009-15450 de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, y habiendo concluido con la documentación de dicho trabajo, cumple con los requisitos establecidos de la Facultad de Ingeniería y por los de mi persona.

Por lo anterior, tanto el autor como el asesor somos responsables del contenido y conclusiones del presente trabajo de graduación y en consecuencia, por medio de la presente me permito APROBAR el contenido completo del trabajo, agregado que puede ser modificado en el transcurso de la terminación del mismo, con la finalidad de entregar una tesis satisfactoria.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

(F) 

Ing. Eugenio Leonel de León Salazar  
Colegiado No. 4609  
ASESOR

Eugenio Leonel de León Salazar  
Ingeniero Mecánico-Industrial  
Colegiado No. 4609



REF.REV.EMI.161.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **CONTROL ESTADÍSTICO EN UN PROCESO DE ENVASADO, COMO UN APOYO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO, EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS**, presentado por el estudiante universitario **Manfredo Martínez Velásquez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

*Byron Gerardo Chocooj*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 4.509

Guatemala, octubre de 2016.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EML004.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **CONTROL ESTADÍSTICO EN UN PROCESO DE ENVASADO, COMO UN APOYO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO, EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS**, presentado por el estudiante universitario **Manfredo Martínez Velásquez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR a.i.  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.050-2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **CONTROL ESTADÍSTICO EN UN PROCESO DE ENVASADO, COMO UN APOYO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO, EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS**, presentado por el estudiante universitario: **Manfredo Martínez Velásquez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

*9/21/17*  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
DECANO



Guatemala, enero de 2017

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser un Padre que me ha dado sabiduría e inteligencia para llegar hasta aquí.
<b>Mis padres</b>	Manfredo y Aura Marina, por ser mis guías en toda mi vida, y darme su apoyo incondicional.
<b>Mis hermanos</b>	Luis Alfonso, María Isabel y María José, por su apoyo incondicional y amistad.
<b>Mis sobrinos y cuñado</b>	José, Daniela y Jeremy, por formar parte de mi vida y llenar mi núcleo familiar.
<b>Mi familia</b>	Mis abuelitos, mis tíos y tías, primos y primas que han formado parte de mi vida y han aportado grandes enseñanzas a ella.
<b>Mis amigos</b>	Por formar parte especial en mi vida, ya que hemos compartido juntos este proceso de formación académica.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser una casa de estudios que da oportunidad de crear profesionales al servicio del país.

**Facultad de Ingeniería**

Por darme la capacidad de desempeñarme como ingeniero.

**Mis amigos de la  
Facultad**

Por su apoyo y compañía durante todos los años de estudio.

**Mi asesor**

Ing. Leonel de León, por sus consejos profesionales.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. SITUACIÓN ACTUAL.....	1
1.1. Descripción de la Empresa.....	1
1.2. Ubicación.....	1
1.3. Historia .....	1
1.4. Misión .....	2
1.5. Visión.....	2
1.6. Productos .....	2
1.7. Marco Conceptual .....	3
1.7.1. Control Estadístico de Calidad.....	3
1.7.1.1. Muestreo.....	4
1.7.1.1.1. Muestreo por variables .....	4
1.7.1.1.2. Muestreo por atributos....	4
1.7.1.1.3. Subgrupos .....	5
1.7.1.2. Evaluación de Estabilidad de un Proceso .....	5
1.7.1.2.1. Carta de Control de Medias.....	5

1.7.1.2.2.	Carta de Control de Rangos.....	7
1.7.1.2.3.	Detección de Patrones no Aleatorios de Variación .....	9
1.7.1.3.	Evaluación de Capacidad de Proceso .....	10
1.7.1.3.1.	Índices de Capacidad del Proceso .....	11
1.7.1.4.	Estratificación .....	14
1.7.1.5.	Diagrama de Pareto .....	15
1.7.1.6.	Diagrama de Ishikawa .....	16
1.7.2.	Mantenimiento Industrial .....	17
1.7.2.1.	Mantenimiento Preventivo .....	17
1.7.2.2.	Mantenimiento Correctivo.....	18
1.7.2.3.	Programa de Mantenimiento .....	18
1.7.3.	Mejora Continua .....	19
2.	SITUACIÓN ACTUAL .....	21
2.1.	Descripción de los departamentos involucrados .....	21
2.1.1.	Departamento de Producción.....	21
2.1.1.1.	Área gerencial .....	22
2.1.1.2.	Supervisión de Procesos.....	22
2.1.1.3.	Área Operativa .....	23
2.1.1.4.	Organización .....	24
2.1.1.4.1.	Organigrama .....	25
2.1.2.	Departamento de Control de Calidad .....	25
2.1.2.1.	Jefatura .....	26

	2.1.2.2.	Analistas de Calidad .....	26
	2.1.2.3.	Organización.....	26
		2.1.2.3.1. Organigrama.....	27
	2.1.3.	Departamento de Mantenimiento Industrial .....	27
	2.1.3.1.	Dirección del Departamento .....	28
	2.1.3.2.	Supervisión .....	28
	2.1.3.3.	Área Operativa.....	29
		2.1.3.3.1. Organización .....	29
		2.1.3.3.2. Organigrama.....	30
2.2.		Descripción del proceso .....	30
	2.2.1.	Depaletizado.....	31
	2.2.2.	Desencajonado.....	31
	2.2.3.	Lavado de botellas.....	32
	2.2.4.	Llenado de botellas.....	33
	2.2.5.	Encajonado.....	34
	2.2.6.	Paletizado.....	35
2.3.		Monitoreo del Proceso de Llenado .....	36
	2.3.1.	Frecuencias de muestreo .....	36
	2.3.2.	Metodología para la construcción de datos históricos.....	37
2.4.		Mantenimiento del Proceso de Llenado .....	37
	2.4.1.	Plan de Mantenimiento Actual .....	37
2.5.		Evaluación del Proceso .....	38
	2.5.1.	Índices de Desempeño .....	38
	2.5.2.	Interpretación y Análisis.....	39
3.		PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO .....	41
	3.1.	Construcción del Plan de Muestreo.....	41

3.1.1.	Recursos .....	41
3.1.1.1.	Recurso Humano .....	42
3.1.1.2.	Recurso Material .....	42
3.1.1.3.	Recurso Tiempo .....	43
3.1.2.	Control Estadístico de Proceso .....	44
3.1.2.1.	Tamaño de Muestra .....	45
3.1.2.2.	Frecuencia de Muestreo .....	45
3.1.2.3.	Diseño de Formato de Muestreo .....	48
3.1.2.4.	Recopilación de Datos .....	50
3.1.2.5.	Depuración de Datos.....	51
3.1.3.	Evaluación de Estabilidad .....	53
3.1.4.	Evaluación de Capacidad.....	55
3.1.5.	Análisis de las Desviaciones .....	56
3.1.5.1.	Análisis de Pareto .....	56
3.1.5.2.	Análisis de Ishikawa .....	57
3.1.6.	Análisis de Fallas Mecánicas .....	58
3.2.	Análisis de Datos .....	58
3.2.1.	Depuración y Análisis de Datos.....	59
3.2.2.	Evaluación de Estabilidad del Proceso .....	60
3.2.3.	Evaluación de Capacidad del Proceso .....	62
3.3.	Análisis de fallas mecánicas .....	62
3.3.1.	Diagrama de Pareto .....	63
3.3.2.	Diagrama de Ishikawa .....	64
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA .....	67
4.1.	Propuestas de Mejoras .....	67
4.1.1.	Implementación de mejoras .....	67
4.1.2.	Áreas Responsables y sus roles .....	67
4.1.2.1.	Rol del Departamento de Producción...	68

4.1.2.2.	Rol del Departamento de Control de Calidad .....	69
4.1.2.3.	Rol del Departamento de Mantenimiento Industrial.....	69
4.1.3.	Diseño del Procedimiento de Muestreo .....	70
4.1.3.1.	Generación de números aleatorios.....	71
4.1.3.2.	Determinación de tiempos de muestreo.....	73
4.1.3.3.	Tamaño de Subgrupos .....	73
4.1.3.4.	Análisis de subgrupos.....	74
4.1.3.5.	Clasificación de defectos .....	90
4.1.4.	Depuración y Análisis de Datos .....	91
4.1.5.	Construcción de Datos Históricos para Decisiones Futuras .....	95
4.2.	Programa de Mantenimiento .....	96
4.2.1.	Identificación de fallas mecánicas .....	96
4.2.2.	Propuesta de Mantenimiento para Máquina de Llenado.....	97
5.	SEGUIMIENTO .....	99
5.1.	Resultados.....	99
5.1.1.	Interpretación.....	101
5.1.2.	Alcance.....	102
5.1.3.	Áreas de Oportunidad.....	103
5.2.	Evaluaciones periódicas .....	104
5.2.1.	Evaluaciones Mensuales .....	104
5.2.2.	Evaluaciones Semestrales.....	105
5.2.3.	Evaluaciones Anuales .....	106
5.3.	Ventajas.....	107

5.3.1.	Desempeño de Maquinaria .....	107
5.3.2.	Cumplimiento e Especificaciones.....	108
5.3.3.	Satisfacción al cliente.....	108
CONCLUSIONES.....		111
RECOMENDACIONES .....		113
BIBLIOGRAFÍA.....		115
ANEXOS.....		117

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ejemplo de una carta de control de medias .....	6
2.	Ejemplo de una carta de control de rangos .....	8
3.	Curva de distribución normal con límites de tolerancia .....	11
4.	Diagrama de Pareto .....	15
5.	Diagrama de Pareto .....	16
6.	Organigrama del Departamento de Producción .....	25
7.	Organigrama del Departamento de Control de Calidad .....	27
8.	Organigrama del Departamento de Mantenimiento .....	30
9.	Ilustración de un proceso de depaletizado I .....	31
10.	Ilustración de un proceso de depaletizado II .....	32
11.	Ilustración de un proceso de depaletizado III .....	33
12.	Ilustración de un proceso de llenado .....	34
13.	Ilustración de un proceso de encajonado .....	35
14.	Ilustración de un proceso de paletizado .....	36
15.	Fórmula para generación de números aleatorios .....	47
16.	Formato para la recopilación de datos .....	49
17.	Formato para creación de base de datos .....	52
18.	Evaluación de estabilidad de procesos a través de una carta de control de medias .....	54
19.	Evaluación de estabilidad de procesos a través de una carta de control de rangos .....	55
20.	Ejemplificación de manejo de datos en la base de datos .....	60
21.	Diagrama de Pareto .....	63

22.	Ejemplificación del Diagrama de Ishikawa para Espumeo de Llenado .....	64
23.	Ejemplificación del Diagrama de Ishikawa para Temperatura de Llenado .....	65
24.	Flujograma del procedimiento de muestreo .....	71
25.	Carta de control de medias para muestreo No. 1 .....	74
26.	Carta de control de rangos para muestreo No. 1 .....	75
27.	Carta de control de medias para muestreo No. 2 .....	76
28.	Carta de control de rangos para muestreo No. 2 .....	77
29.	Carta de control de medias para muestreo No. 3 .....	78
30.	Carta de control de rangos para muestreo No. 3 .....	78
31.	Carta de control de medias para muestreo No. 4 .....	79
32.	Carta de control de rangos para muestreo No. 4 .....	80
33.	Carta de control de medias para muestreo No. 5 .....	81
34.	Carta de control de rangos para muestreo No. 5 .....	82
35.	Carta de control de medias para muestreo No. 6 .....	83
36.	Carta de control de rangos para muestreo No. 6 .....	84
37.	Carta de control de medias para muestreo No. 7 .....	85
38.	Carta de control de rangos para muestreo No. 7 .....	86
39.	Carta de control de medias para muestreo No. 8 .....	87
40.	Carta de control de rangos para muestreo No. 8 .....	88
41.	Carta de control de medias para muestreo No. 9 .....	89
42.	Carta de control de rangos para muestreo No. 9 .....	89
43.	Pareto de fallas en proceso de llenado .....	91
44.	Ishikawa de problema de espumeo .....	92
45.	Ishikawa de problema de velocidad de llenado .....	93
46.	Ishikawa de problema de presión de llenado .....	94

## TABLAS

I.	Interpretación de los índices de capacidad .....	13
II.	Tabla de generación de tiempo total de muestreo .....	46
III.	Tabla de generación de tiempo total de muestreo .....	48
IV.	Clasificación de fallas.....	57
V.	Tiempos de muestreo.....	72
VI.	Clasificación de fallas.....	90
VII.	Plan de mantenimiento para problema de espumeo .....	97
VIII.	Plan de mantenimiento para problema de velocidad de llenado .....	98
IX.	Plan de mantenimiento para problema de presión de llenado .....	98
X.	Resultados para Presentaciones de 600 ml.....	100
XI.	Resultados para Presentaciones de 600 ml.....	100
XII.	Resultados para Presentaciones de 500 ml.....	101



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
°C	Grados centígrados
l	Litro
m	Metro
ml	Mililitro



## GLOSARIO

<b>Cabezal</b>	Pieza mecánica de sujeción de botellas a través de válvulas de aire comprimido.
<b>Calidad</b>	Cumplimiento de especificaciones de los productos ofrecidos al mercado.
<b>Control</b>	Herramienta administrativa para verificar el cumplimiento de estándares.
<b>Departamento</b>	Área de una organización, que tiene a su cargo una función específica que cumplir, en la cadena de suministro.
<b>Especificaciones</b>	Rango de valores sobre los cuales deben oscilar las características de calidad de los productos.
<b>Mantenimiento</b>	Conjunto de acciones destinadas a la conservación de maquinaria, con el fin de prolongar su vida útil.
<b>Programa</b>	Conjunto de directrices y lineamientos que tienen como finalidad lograr un objetivo planteado.



## RESUMEN

Los procesos en la industria de bebidas, deben ser monitoreados durante su ejecución. Los departamentos involucrados en la puesta en marcha de estos, deben formar parte activa de las operaciones de la planta de producción. Para poder llevar a cabo este monitoreo, existen muchas herramientas técnicas de ingeniería, que permiten tomar decisiones que promuevan cambios de fondo en los procesos, ayudando a un mejor control de las variables asociadas.

El programa propuesto, inicia con el planteamiento de una serie de números aleatorios, que servirán para establecer los tiempos de toma de muestras. La persona encargada de ejecutar el muestreo en líneas, debe basarse en estos para obtener muestras significativas, y no sesgadas, para el análisis de variables. El siguiente paso consiste en la depuración y análisis de las variables obtenidas durante el trabajo en piso. En esta fase, se procederá a realizar los cálculos pertinentes para diagnosticar el estado estadístico del proceso a través del tiempo, en donde se determinará si el proceso es estable o inestable, y luego de ello, verificar si este es capaz de cumplir con las especificaciones ofrecidas al mercado. Esto se puede desarrollar a través de la evaluación de indicadores, que no son más que valores numéricos que determinarán si el proceso es adecuado, o si requiere modificaciones de fondo para mejorar sus salidas.

De los resultados obtenidos, se analizan los problemas que tienen mayor incidencia en las desviaciones del proceso. Esto, para generar planes de acciones correctivas que permitan la mitigación de sus causas. El Departamento de Mantenimiento, Producción y Control de Calidad, debe

involucrarse en los programas de mejora continua, y en las evaluaciones periódicas que se ejecutarán como parte del programa de Control Estadístico de Procesos. Al final, se plantea una serie de acciones a ejecutar al mediano y largo plazo, para obtener resultados satisfactorios en los procesos de llenado.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar el control estadístico, como un apoyo para el Departamento de Mantenimiento, en un proceso de envasado.

### **Específicos**

1. Describir los fundamentos teóricos del control estadístico de proceso y mantenimiento.
2. Describir el estado actual del monitoreo y control del proceso de un proceso de envasado.
3. Evaluar la estabilidad y capacidad de un proceso de llenado, como un indicador de la salida del mismo.
4. Identificar los defectos por unidad de cada envase, para localizar la etapa de falla del proceso.
5. Detectar las oportunidades de mejora para el fortalecimiento del Departamento de Mantenimiento.
6. Implementar una metodología, para el adecuado monitoreo de un proceso de envasado.

7. Proponer un procedimiento sistematizado para la mejora continua del proceso de envasado.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las exigencias del mercado a las empresas de giro industrial, enfocado a la industria alimenticia, han crecido considerablemente. Parte de la responsabilidad de un negocio productor, es cumplir con las especificaciones establecidas para satisfacer las necesidades de los consumidores. Para poder llegar a generar productos de calidad es necesario que todos los procesos involucrados en esta labor sean monitoreados eficazmente.

El buen funcionamiento de una planta, está en manos, en parte, de los Departamentos de Mantenimiento y Producción. Ambos Departamentos deben trabajar en coordinación para lograr las metas de la organización. Una de estas metas, es el buen funcionamiento de los procesos. Para monitorearlos, el control estadístico del proceso, juega un papel fundamental. A través de este conjunto de herramientas, se podrá diagnosticar el estado de un proceso, para detectar las causas de los problemas que se puedan presentar en la salida del mismo. Esto se desenlazará en la estratificación de datos, en donde se podrá visualizar la clasificación de las fallas y la repercusión de cada una de ellas. Es aquí, donde se detectará que tanto pueden estar involucradas las fallas mecánicas, y las debilidades, qué se pueden tomar como oportunidades para la mejora del Departamento de Mantenimiento.

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo de graduación servirá como una guía y orientación para utilizar el Control Estadístico de Calidad como un apoyo para el Departamento de Mantenimiento, ejemplificado en un proceso de envasado, para mostrar una idea de los pasos a seguir y cómo enfrentar los problemas que pueda presentar un proceso en sus características de calidad.



# **1. SITUACIÓN ACTUAL**

## **1.1. Descripción de la Empresa**

La Empresa de Bebidas Carbonatadas, es una planta de producción que se dedica a envasar bebidas para el consumo humano. Cuenta con varias líneas de producción, las cuales operan las 24 horas del día, y los 365 días del año.

## **1.2. Ubicación**

La empresa se encuentra ubicada sobre la Calzada Raúl Aguilar Batres, en la zona 11 de la Ciudad de Guatemala.

## **1.3. Historia**

En 1980, la empresa inicia sus operaciones en Guatemala, como una organización familiar, que se encarga de distribuir los productos al territorio nacional. En 1995, un grupo estadounidense toma las riendas de la organización, y durante los siguientes 5 años, dirige las operaciones de la planta. Durante éste tiempo se implementan procedimientos de trabajo y se comienza a regularizar reglamentos internos y directrices para los trabajadores.

Para el año 2001, una organización mexicana, adquiere los derechos de distribución, con una visión de mejora continua en las áreas de manufactura, seguridad ocupacional y redes de distribución. Ese mismo año, se adquiere una

flota de camiones, los cuales son utilizados hasta la fecha para distribuir los productos que en la planta son envasados.

En el año 2010, se instala la última línea de producción con tecnología alemana, en la cual se procesan presentaciones de menor tamaño.

#### **1.4. Misión**

“Ser el envasador más grande del mundo, llevando a cada uno de nuestros consumidores, las bebidas con los más altos estándares del mercado.”

#### **1.5. Visión**

“Refrescar al mundo en cuerpo, mente y alma. Inspirar momentos de optimismo a través de nuestras marcas y acciones, para crear valor y dejar nuestra huella en cada uno de los lugares en los que operamos.”

#### **1.6. Productos**

Actualmente la embotelladora envasa productos en las presentaciones de:

- Envases de vidrio retornable: presentaciones de 192 ml, 354 ml, 500 ml, y 1 lt.
- Envases de pet: presentaciones de 355 ml, 600 ml, 1,5 l, 2l, 2,5 l, y 3 l.
- Presentaciones retornables: 2 l.

## **1.7. Marco Conceptual**

A continuación se describe el marco conceptual.

### **1.7.1. Control Estadístico de Calidad**

El control estadístico de calidad, o control estadístico de procesos, es el resultado de un estudio del cual se obtienen los controles o lineamientos que permiten mantener el proceso bajo ciertos límites en los cuales los productos sean homogéneos.

En un proceso, en el cual hay entradas, operaciones y salidas, hay variaciones, las cuales hacen que los productos no sean idénticos. Estas están determinadas por ciertos factores como: los materiales utilizados, la mano de obra empleada, la capacidad instalada, los métodos diseñados para las operaciones, y las condiciones ambientales bajo las cuales se opera.

Los factores anteriormente mencionados, afectan el desempeño de un proceso. Una máquina desajustada puede causar imperfecciones en la elaboración de un producto. Un método mal ejecutado o mal diseñado también causará fluctuaciones en las características de calidad de los productos. Así como estos, podemos mencionar muchos ejemplos que causarán variaciones en los procesos.

Es aquí donde la ingeniería juega un papel fundamental. La adecuada utilización de la estadística, puede ser un medio adecuado para la correcta toma de decisiones.

### **1.7.1.1. Muestreo**

La construcción de datos históricos para la toma de decisiones futuras, necesita una metodología para llevarse a cabo. Es necesario ejecutar un plan para la recolección de estos, y así comenzar a construir un historial que será de utilidad en el futuro.

Para el caso de la construcción de cartas de control, se puede diseñar un plan que abarque un período, es decir un ciclo completo de producción. Por ejemplo, si se tomara una corrida de 12 horas, y tomamos 25 muestras de 5 unidades cada una, tendríamos que tomarlas en un lapso de 28 minutos. Así, podríamos abarcar la corrida completa, y detectar los cambios posibles que pueden existir en el proceso.

#### **1.7.1.1.1. Muestreo por variables**

En muestreo aleatorio por variables, se toma una muestra de manera aleatoria de un lote, y se mide alguna característica de calidad, como por ejemplo las dimensiones de peso o longitud; contenido neto, etc. Y de acuerdo a la evaluación, de acuerdo a los criterios establecidos, se determina si el lote se acepta o se rechaza. Es importante mencionar que, para cada característica de calidad a medir, se debe construir un plan de muestreo acorde. A través de este muestreo, se puede tener una clara noción del comportamiento del proceso.

#### **1.7.1.1.2. Muestreo por atributos**

Este tipo de muestreo, consiste en tomar muestras de un lote y evaluarlas bajo el criterio “pasa” o “no pasa”, tomando en cuenta el riesgo que debe asumir

el productor y el consumidor, un nivel de calidad aceptable, y la calidad límite para la aceptación del lote.

### **1.7.1.1.3. Subgrupos**

Definiremos el subgrupo, como un conjunto de unidades a las cuales se les efectúan mediciones, que se seleccionan bajo cierto criterio, y que se evalúan posteriormente, para determinar el comportamiento del proceso. Un subgrupo puede tener un tamaño de 2 o más elementos. Bajo este criterio será ejecutado el control estadístico de proceso, en el presente trabajo.

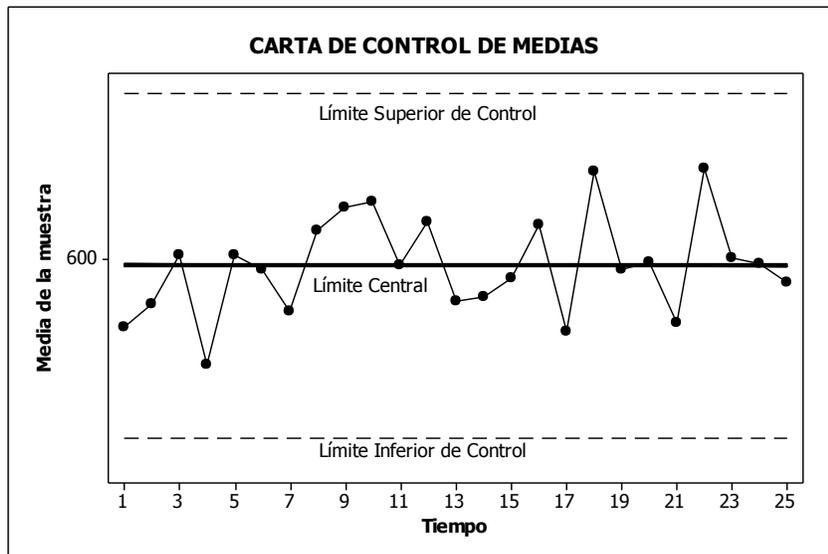
### **1.7.1.2. Evaluación de Estabilidad de un Proceso**

La primera etapa para desarrollar el control estadístico de un proceso, es evaluar su estabilidad. Un proceso estable, es aquel que puede predecirse a través del tiempo, y que no posee causas asignables de variación. Para evaluar la estabilidad del proceso, utilizaremos las cartas de control. Estas, de forma gráfica, nos mostrarán el comportamiento del proceso.

#### **1.7.1.2.1. Carta de Control de Medias**

Una carta de control de medias, también llamada carta X-R, es aquella que permite monitorear el comportamiento del proceso a través del tiempo. A través de esta, se puede observar gráficamente las fluctuaciones del proceso, en cierto período de establecido.

Figura 1. **Ejemplo de una carta de control de medias**



Fuente: elaboración propia.

La figura 1, muestra la forma básica de una carta de control de medias. Esta, está compuesta por los límites superior e inferior de control, y la línea central de control. Los límites superiores e inferiores, son los que determinarán bajo qué rango puede variar el proceso de forma normal. La comparación contra estos, mostrará la presencia de patrones no aleatorios de variación, es decir, la presencia de causas asignables.

Los límites de control para una carta de control de medias, los podemos calcular de la siguiente manera:

$$\text{Límite Superior de Control} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$\text{Límite Central} = \bar{\bar{X}}$$

$$\text{Límite Inferior de Control} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

De donde:

$\bar{\bar{X}}$ : Media de las medias de los subgrupos

$A_2$ : Constante (Anexo 1)

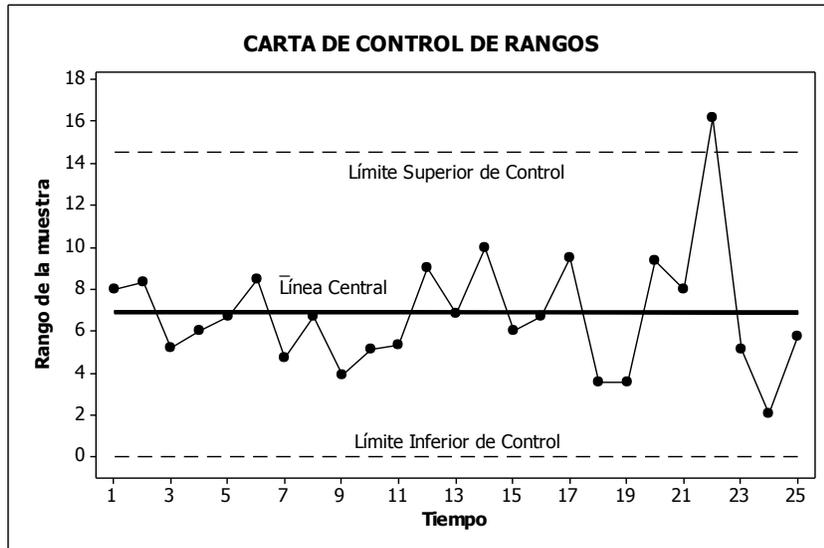
$\bar{R}$ : Media de los rangos de los subgrupos

Es importante que la alta gerencia dé un uso adecuado a esta carta (así como a la de rangos, que se verá en el próximo apartado); ya que es una herramienta utilizada para la toma de decisiones en tiempo real. Es por ello que no debe tomarse como una bitácora; se debe dar revisión en el momento exacto para corregir las desviaciones del proceso.

#### **1.7.1.2.2. Carta de Control de Rangos**

Anteriormente se describió la carta de control de medias como una herramienta para la detección de cambios, en los promedios del proceso. Así mismo, cada subgrupo que analizamos, presenta también variabilidad, es decir, la diferencia que existe entre el dato mayor y el dato menor. La carta de rangos es una herramienta para detectar cambios en la amplitud del proceso. Se ilustra en la figura 2.

Figura 2. **Ejemplo de una carta de control de rangos**



Fuente: elaboración propia.

Así como en la carta de medias, la carta de rangos está compuesta de un límite de control superior, un límite de control inferior, y una línea central. A través de estos, el proceso deberá de oscilar de manera aleatoria; es decir, sin mostrar ningún comportamiento que pueda representar variaciones.

Los límites de control para una carta de rangos se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Límite Superior de Control} = D_4 \bar{R}$$

$$\text{Límite Central} = \bar{R}$$

$$\text{Límite Inferior de Control} = D_3 \bar{R}$$

De donde:

$\bar{R}$ : Media de los rangos de los subgrupos

$D_3$  y  $D_4$ : Constantes (Anexo 1)

Como se mencionó anteriormente, la carta de control de rangos mostrará bajo qué valores (dados por los límites de control), oscilará la amplitud de la variación del proceso. Con estos, también se puede evaluar la estabilidad del proceso a través del tiempo.

### **1.7.1.2.3. Detección de Patrones no Aleatorios de Variación**

Para detectar a tiempo, todos aquellos comportamientos no aleatorios de variación en un proceso, es necesario apoyarse en ciertas reglas que, interpretadas de manera adecuada, pueden ayudar a corregir desviaciones.

Para la carta de medias se puede utilizar las siguientes reglas:

- Un punto se localiza fuera de los límites de control tres sigmas.
- Ocho puntos consecutivos, se localizan en el mismo lado de la línea central.
- Seis puntos consecutivos, todos en aumento o todos en descenso.
- Catorce puntos consecutivos, alternándose arriba y abajo.
- Dos de tres puntos mayores de 2 desviaciones estándar, desde la línea central (mismo lado).
- Cuatro de cinco puntos mayores de 1 desviación estándar desde la línea central (mismo lado).

- Quince puntos consecutivos dentro de una desviación estándar desde la línea central (cualquier lado).
- Ocho puntos consecutivos mayores a una desviación estándar desde la línea central (cualquier lado)
- Un patrón inusual o no aleatorio de los datos.
- Uno o más puntos cerca de un límite de control o advertencia

También se pueden utilizar las siguientes reglas, para la detección de patrones no aleatorios de variación, para la carta de rangos:

- Un punto mayor a 3 desviaciones estándar desde la línea central
- Nueve puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central
- Seis puntos consecutivos, todos en aumento o todos en descenso
- Catorce puntos consecutivos, alternándose arriba y abajo

### **1.7.1.3. Evaluación de Capacidad de Proceso**

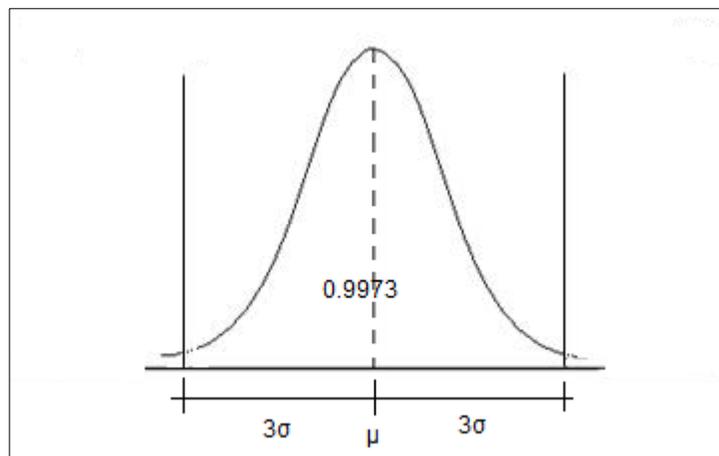
Luego de evaluar la estabilidad del proceso, se procede a evaluar la capacidad de este. Por medio de los índices de capacidad podemos evaluar su desempeño, es decir, la agilidad que tiene para cumplir con las especificaciones ofrecidas al mercado. Esta evaluación se puede realizar a través de los índices  $C_p$  y  $C_{pk}$ . El primero como una medida de la capacidad potencial y el segundo, como una capacidad real del proceso.

### 1.7.1.3.1. Índices de Capacidad del Proceso

Se desarrollará el control estadístico, suponiendo que las variables de salida (o características de calidad), tienen doble especificación, una superior y una inferior, dentro de las cuales oscilará el proceso.

Si un proceso se ajusta a una distribución normal, puede decirse que el 99,73 % de los datos, se encontrarán entre una variación 6 veces su desviación estándar. En la figura 3 se aprecia gráficamente, la distribución de datos a través de este tipo de curva.

Figura 3. **Curva de distribución normal con límites de tolerancia**



Fuente: elaboración propia.

Si se calculan límites a tres desviaciones estándar para cada lado, desde la línea central, obtendremos los límites naturales del proceso.

## Índice $C_p$

Este índice mide la capacidad potencial del proceso. Es una comparación de las especificaciones del proceso, *versus* los límites naturales del proceso (6 desviaciones estándar). Este se puede calcular de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

De donde:

ES: Especificación superior

EI: Especificación inferior

$\sigma$ : Desviación estándar

Este índice se puede interpretar de la siguiente manera:

Tabla I. Interpretación de los índices de capacidad

Valor del $C_p$	Interpretación
$C_p > 2$	Calidad seis sigma.
$C_p > 1,33$	Proceso adecuado
$1 < C_p \leq 1,33$	El proceso es parcialmente adecuado. Es necesario un control estricto.
$0,67 < C_p \leq 1$	Proceso no adecuado. Requiere modificaciones serias.
$C_p \leq 0,67$	Proceso no adecuado. Requiere modificaciones muy serias.

Fuente: GUTIERREZ PULIDO, Humberto. *Calidad Total y Productividad*. p. 167.

A través de la interpretación adecuada de los índices, la gerencia puede tener una herramienta eficaz para la toma de decisiones. A raíz de este análisis se pueden efectuar profundos cambios en los procesos. Estas mejoras se pueden realizar en: mano de obra, materiales, máquinas, métodos y mediciones.

#### Índice $C_{pk}$

Una de las limitaciones del  $C_p$ , es que no considera la media del proceso. En este sentido, su alcance no llega a dar una conclusión sobre si el proceso está centrado. Aquí es donde el  $C_{pk}$  juega un papel importante, ya que con este, se puede evaluar por separado las especificaciones superior e inferior. Esto se hace a través del  $C_{ps}$  (para la superior) y  $C_{pi}$ , para la inferior. Se calculan de la siguiente manera:

$$C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$
$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$$

De donde:

$C_{ps}$  : Índice de capacidad superior

$C_{pi}$  : Índice de capacidad inferior

ES: Especificación superior

EI: Especificación inferior

$\mu$ : Media muestra

$\sigma$ : Desviación estándar

A partir de esto, se obtendrán dos valores, que como se mencionó, forman parte de la evaluación de capacidad de las especificaciones inferior y superior; de aquí se puede obtener el  $C_{pk}$ , de la siguiente manera:

$$C_{pk} = \text{Min}[C_{ps}, C_{pi}]$$

Es decir que, el  $C_{pk}$ , se tomará como el valor mínimo entre el  $C_{ps}$  y el  $C_{pi}$ .

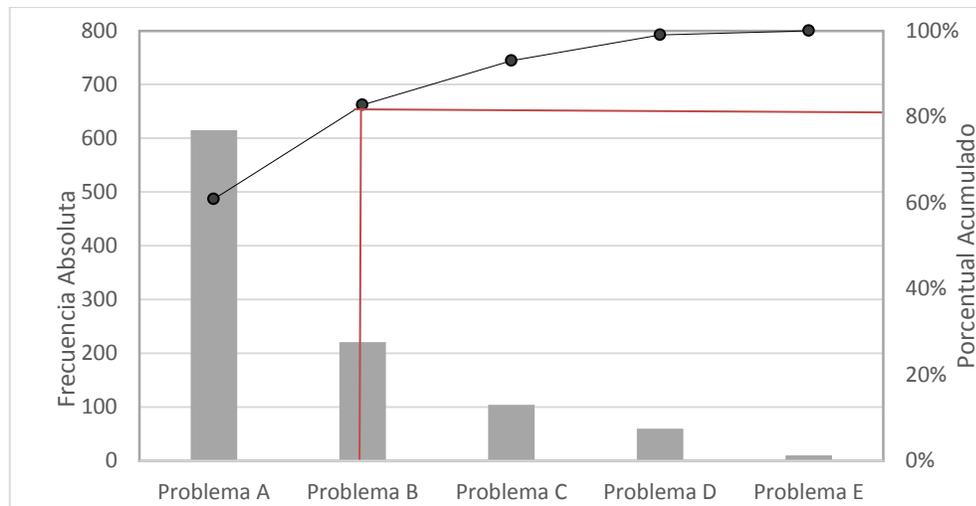
#### **1.7.1.4. Estratificación**

En control estadístico, llamaremos estratificar al proceso de agrupar elementos con características en común, a fin de detectar con certeza las posibles causas de desviaciones en los procesos. Para la administración, la estratificación es una herramienta utilizada para determinar qué impacto tiene cada uno de los elementos que provocan variación, y así, tener una idea de cómo se pueden implementar mejoras.

### 1.7.1.5. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, es una gráfica de barras, ordenadas de la más grande, a la más pequeña, que permite visualizar los mayores impactos en los procesos. Esta grafica se basa en el principio 80-20. Este establece que el 20 % de los elementos generan el 80 % de las consecuencias, el resto, no tienen un impacto significativo. Es aquí donde se pueden tomar importantes decisiones para la mejora de los procesos, y determinar a qué problema se le debe dar prioridad de atención, y así, enfocar todas las líneas de trabajo e inversión hacia él, dejando en segundo plano, aquellos elementos que no representan un alto porcentaje en la generación de problemas.

Figura 4. Diagrama de Pareto



Fuente: elaboración propia.

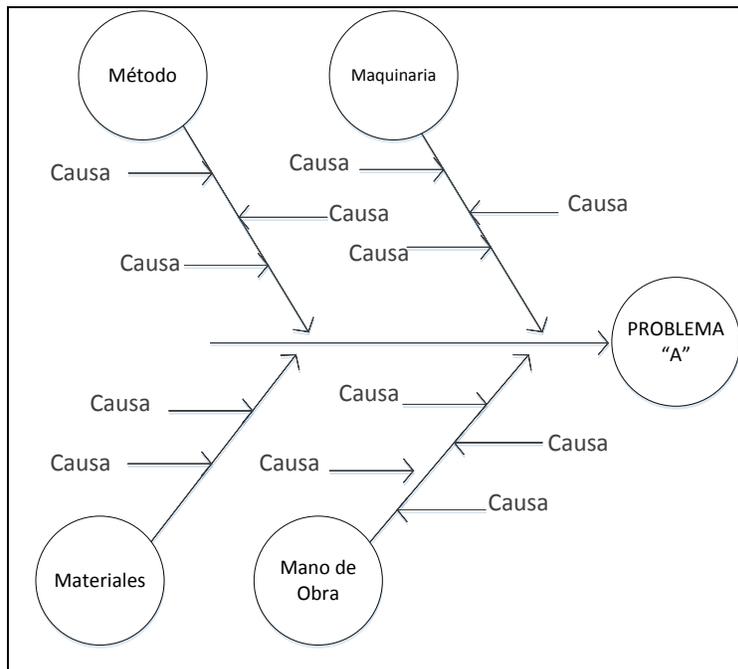
El diagrama consta de 2 ejes, el de la izquierda con los valores absolutos obtenidos de la estratificación y el segundo eje (el de la derecha), el porcentual acumulado que representan cada uno de los problemas. La problemática está

representada por 5 elementos, siendo el problema “A” el de mayor impacto, y el “B”, el segundo. Ambos acaparan un 83 % en el peso porcentual acumulado. Es aquí donde la administración de procesos, debe centralizar sus acciones para tener una mejor significativa.

### 1.7.1.6. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, o también llamado diagrama de causa-efecto, permite establecer una relación entre un problema específico y sus causas posibles.

Figura 5. Diagrama de Pareto



Fuente: elaboración propia.

En la figura 5, se ilustra el diagrama de pescado; la cabeza del pescado representa el problema a analizar, luego, en cada uno de los ramales se colocan los factores que afectan directamente la operación para que, finalmente en la espina del pescado, se coloquen las causas que conlleva cada uno.

### **1.7.2. Mantenimiento Industrial**

En un sistema de producción, debe existir un grupo de personas encargadas de atender todas las fallas y desperfectos mecánicos. Una máquina, como un sistema integrado de piezas y partes en movimiento, sufre fallas debido al rutinario funcionamiento. Es tarea del departamento de mantenimiento, reemplazar todos aquellos elementos que han llegado al límite de su vida útil, reparar aquellos que se encuentren averiados y atender todas aquellas fallas que puedan entorpecer el normal funcionamiento de una línea de producción. El mantenimiento industrial tiene como función, mantener en un nivel óptimo toda la maquinaria utilizada en el sistema productivo, a un costo óptimo.

#### **1.7.2.1. Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo acciona antes de las fallas, a través de la predicción de estas, de acuerdo a ciclos repetitivos. Conlleva ciertas acciones como: lubricación, calibración, inspecciones de seguridad, limpieza de partes, entre otros, a fin de mantener la maquinaria en condiciones óptimas de operación. Éste tipo de mantenimiento debe ejecutarse en el momento oportuno, ya que accionar muy pronto podría elevar costos, y accionar muy tarde, puede provocar averías mayores.

El mantenimiento preventivo tiene las siguientes ventajas:

- Disminución de averías.
- Optimización de costos de producción.
- Reducción de tiempo muerto en líneas de producción.
- Maximización de la vida útil de los equipos.
- Al programar adecuadamente, se pueden equilibrar las cargas de trabajo para el personal del departamento.

#### **1.7.2.2. Mantenimiento Correctivo**

Este tipo de mantenimiento es la forma básica y tradicional del mantenimiento. Consiste en corregir fallas en maquinaria en el momento que ocurren, en el menor tiempo y costo posible. Para poderlo llevar a cabo es necesario tener amplios conocimientos sobre el funcionamiento del equipo; esto, para poder actuar de la manera más rápida. Tiene algunas limitaciones:

- El alcance de las reparaciones, puede no ser cien por ciento efectivas, debido al poco tiempo con el que se cuenta.
- Por la escasa planificación, los repuestos en stock pueden ser escasos, y esto provocar retrasos.
- Los costos de producción pueden elevarse, debido a los prolongados tiempos muertos.

#### **1.7.2.3. Programa de Mantenimiento**

El plan de mantenimiento es una serie de proyectos y acciones programadas para ejecutarse, a corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de

mantener los equipos de las líneas de producción en óptimas condiciones. En este se debe incluir:

- Objetivos medibles a alcanzar.
- Lineamientos o procedimientos a seguir para alcanzar los objetivos (plan estratégico).
- Recursos a utilizar: monetarios, tiempo, personal, herramientas, materiales.
- Responsabilidades.
- Cronograma de ejecución.

### **1.7.3. Mejora Continua**

La mejora continua se puede describir como una filosofía, que tiene como finalidad, desarrollar la optimización de procesos, la mejora de la calidad de los productos y servicios, que se aplica regularmente a empresas de manufactura, o de servicios. Requiere la integración de todos los equipos de trabajo y el compromiso de todo el personal, para favorecer el crecimiento de la organización.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

Para evaluar la calidad del producto, la gerencia se reúne semanalmente y evalúa el desempeño de los procesos. Para ello se apoya en las cartas de control y los índices de calidad ( $C_p$ ,  $C_{pk}$ ). De acuerdo al valor alcanzado, se toman decisiones de mejoras enfocadas la calidad.

Para poder alcanzar la calidad aceptable, los equipos de líneas juegan un papel primordial. El desempeño de estos, ayudarán a mejorar los índices de calidad. El compromiso del personal también es un aspecto importante para lograr los objetivos.

### **2.1. Descripción de los departamentos involucrados**

Actualmente, la empresa está organizada por el Área de Manufactura, que está formada por los siguientes departamentos: Producción, Mantenimiento, Control de Calidad, y Logística. Siendo los primeros 3, los involucrados directamente en lograr la calidad del producto.

#### **2.1.1. Departamento de Producción**

El Departamento de Producción, es el encargado de operar los procesos. Labora las 24 horas del día, 365 días al año. Se encarga de gestionar los procesos implementando métodos de trabajo, donde se optimizan tiempos, materiales y mano de obra. Así mismo se encarga de optimizar los costos de producción. Este departamento hace que la organización sea productiva.

Está constituido por los siguientes eslabones: área gerencial (jefe de producción), supervisores de procesos (supervisores y controladores de líneas), así como el área operativa (que es el personal que se encarga del manejo de los equipos).

#### **2.1.1.1. Área gerencial**

El Área gerencial está constituida por el Gerente de Manufactura, encargado de dirigir la planta y reportar a los Gerentes Regionales. El Jefe de Producción, se encarga de administrar el personal a su cargo, administrar recursos, implementar y dar seguimiento a proyectos de mejora; así como reportar al Gerente de Manufactura el estado de la planta de producción (resultados, necesidades, contratiempos, etc.).

El gerente de producción es el encargado de la toma de decisiones en cuanto a procesos se refiere. Es el responsable directo del avance de la planta. Así mismo apoya en la solución de problemas, cuando el personal de los niveles más bajos no logra resolver.

#### **2.1.1.2. Supervisión de Procesos**

El Departamento de Producción, cuenta con cuatro supervisores (distribuidos en 4 turnos por semana), que se encargan de monitorear la producción, atender problemas operativos como distribución de personal, relevar ausencias, capacitar operadores, coordinar y ejecutar proyectos de mejora y reportar al Jefe de Producción y Jefe de Manufactura lo que en líneas de producción sucede. Así mismo es el canal de comunicación existente entre el área gerencial y el área operativa. A diario realiza un reporte o bitácora de todos los acontecimientos que sucedieron durante el turno.

Como parte de la supervisión, existe también la figura del Controlador de Línea, así como el Supervisor de Producción. Existen cuatro personas que cubren el total del tiempo durante la semana. Esta posición, se encarga de coordinar el suministro de materiales a las líneas de producción. Realiza inventarios y documenta (numérica y descriptivamente) todo lo que ocurre durante su turno. Esta información es utilizada por la Gerencia, para evaluar el desempeño de los procesos y para la toma de decisiones.

### **2.1.1.3. Área Operativa**

El Área Operativa, está formada por todo el personal que manipula los equipos de las líneas de producción, operadores de montacargas, personal de limpieza, coordinadores de líneas y auxiliares. Sobre ellos recae la responsabilidad de que la planta produzca diariamente.

- Coordinadores de líneas

Es la posición de mayor rango del Área Operativa. Se encarga de la coordinación de la línea de producción a su cargo. Realiza reportes de lo ocurrido durante el turno, y comunica a los supervisores cualquier inconveniente que se pueda presentar.

- Operadores de Equipos

Manipulan los equipos, realizan el mantenimiento básico y cotidiano de la máquina a su cargo (lubricación, reemplazo de piezas sencillas), y reportan a los coordinadores de líneas cualquier anomalía que esté fuera de su alcance resolver.

- Operadores de Montacargas

Encargados de conducir los montacargas y trasladar todo el producto que sale de las líneas de producción a la Bodega de Producto Terminado, y suministrar materiales de grandes dimensiones y peso, de las bodegas a las líneas de producción.

- Auxiliares de Producción

Relevan a operadores titulares cotidianamente en tiempos de comidas, recesos o refacciones, así como en períodos vacacionales. Su función es pivotear en las líneas de producción.

- Personal de Limpieza

Esta área, tiene bajo su responsabilidad, mantener las instalaciones limpias y ordenadas. Ejecuta, cada cierto tiempo, el aseo de los diferentes ambientes. Dependiendo qué tan crítico sea el lugar, así será la frecuencia con la que se atenderá.

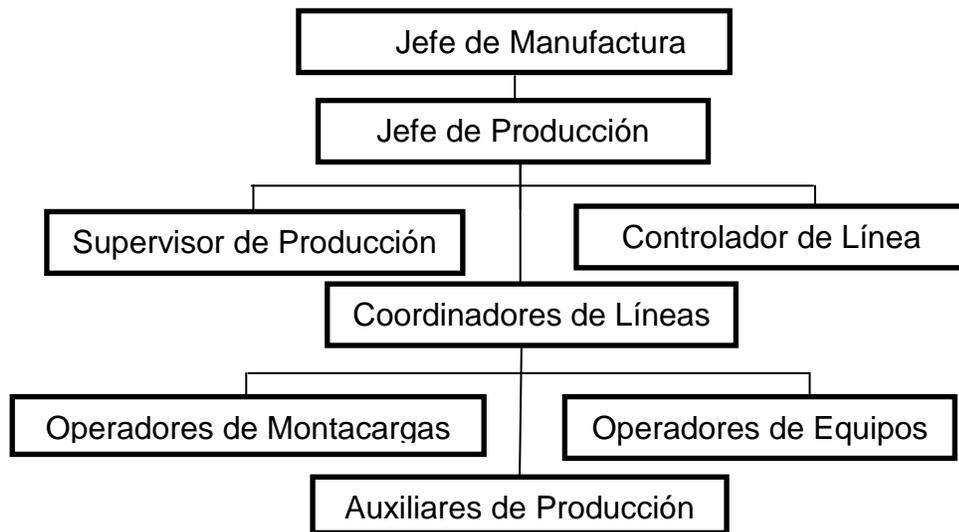
#### **2.1.1.4. Organización**

Está organizado en su nivel más alto, por el Jefe de Manufactura, seguido por el Jefe de Producción. En el siguiente eslabón está el área de supervisión, y en el área básica el área operativa.

#### 2.1.1.4.1. Organigrama

A continuación se describe el organigrama.

Figura 6. Organigrama del Departamento de Producción



Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.2. Departamento de Control de Calidad

Es el encargado de definir las especificaciones para las características de calidad bajo las cuales se fabrican las bebidas. Este departamento, monitorea el proceso durante las corridas, tomando muestras de las líneas, para su posterior evaluación. De aquí, se calcularán los índices de calidad, y se tomarán decisiones respecto a todo el producto que no cumpla con las especificaciones.

### **2.1.2.1. Jefatura**

El Jefe de Control de Calidad es el encargado de dirigir y organizar al personal del departamento, así como administrar los recursos de los cuales se dispone. Representa al área en las juntas organizacionales y dirige todos los proyectos del Área de Control de Calidad que se ejecutan.

### **2.1.2.2. Analistas de Calidad**

Tienen como función monitorear los procesos. Analizan las características de calidad del producto, y rechazan todo lo que esté fuera de las especificaciones. Su principal tarea es garantizar que todo lo que se envía al mercado, salga en buenas condiciones. Los analistas están clasificados de la siguiente manera: Supervisor de Calidad, Analista de Laboratorio, Analista de Materiales y Analista de Procesos.

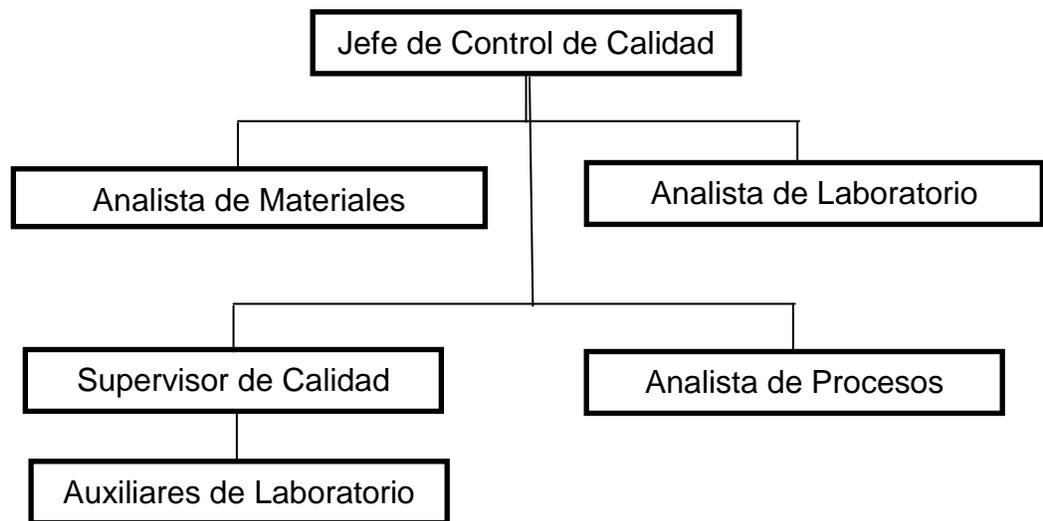
### **2.1.2.3. Organización**

El organigrama del Departamento de Control de Calidad, está formado por varios eslabones, que van desde el encargado del departamento (jefe), los analistas, y los auxiliares de laboratorio, que asisten al área en tareas de análisis microbiológicos, mantenimiento, análisis de productos y materiales, realización de reportes, entre otras actividades cotidianas.

### 2.1.2.3.1. Organigrama

A continuación se describe el organigrama del Departamento de Control de Calidad.

Figura 7. **Organigrama del Departamento de Control de Calidad**



Fuente: elaboración propia.

### 2.1.3. Departamento de Mantenimiento Industrial

El Departamento de Mantenimiento Industrial tiene como función, ejecutar todas las actividades destinadas a la conservación de los equipos de la planta de producción. Para poder lograrlo es importante la participación de todos los miembros del departamento. Esta área tiene como principales funciones:

- Elaborar un plan de mantenimiento (a mediano y largo plazo).

- Coordinar las actividades ejecutadas por contratistas en toda el área de manufactura.
- Ejecutar el mantenimiento de edificios.
- Mantener un stock adecuado de repuestos para los equipos.
- Integrar equipos de trabajo con otros departamentos, para lograr los objetivos de la planta.

### **2.1.3.1. Dirección del Departamento**

Está encabezado por el Jefe del Departamento de Mantenimiento. Este organiza y dirige a todo el personal a su cargo, administra el presupuesto a su cargo, delega responsabilidades y administra los recursos. Presenta los avances logrados y los objetivos alcanzados en lo que se refiere al mantenimiento de la organización.

### **2.1.3.2. Supervisión**

Los encargados de llevar a cabo todas las actividades del departamento son los supervisores de mantenimiento industrial. Están distribuidos de la siguiente manera:

- Supervisor de Mantenimiento: es el encargado de velar por el cumplimiento de las actividades de mantenimiento de los equipos, administrar al personal a su cargo, atender de manera oportuna las necesidades de la planta de producción, entre otras actividades.
- Supervisor de Mantenimiento de Edificios: Es el encargado de mantener en óptimas condiciones, las instalaciones de la empresa.

- Encargado de bodega de repuestos: es el encargado de mantener un *stock* de repuestos de maquinaria. Administra los repuestos en existencia y los suministra operativa para su uso.

### **2.1.3.3. Área Operativa**

Esta área tiene a su cargo la ejecución del plan de mantenimiento en piso. Atienden fallas de equipos en el menor tiempo posible. Está conformada de la siguiente manera:

- Mecánicos industriales: encargados de la atención de averías en equipos, son los encargados directos de dar el mantenimiento a la maquinaria.
- Electricistas: atienden todo el sistema eléctrico de los equipos.

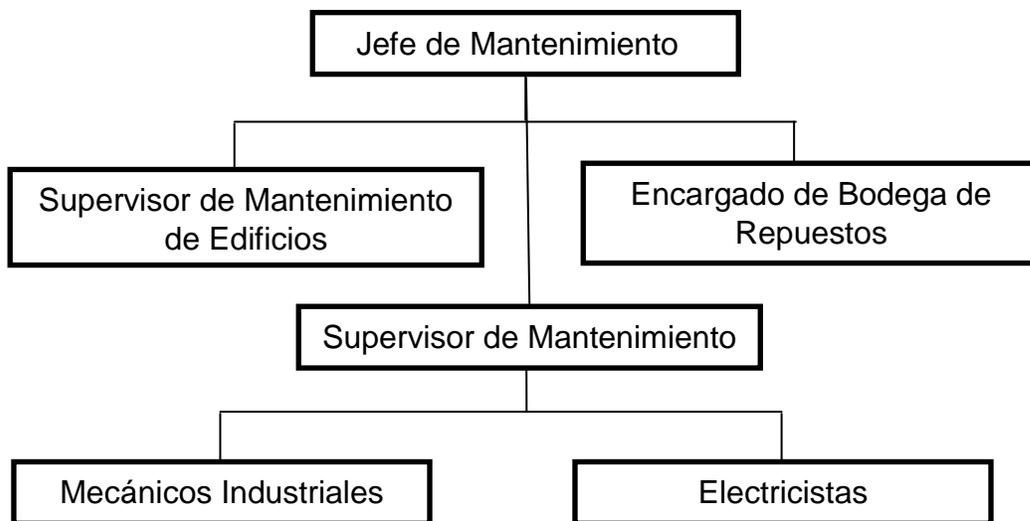
#### **2.1.3.3.1. Organización**

El jefe de departamento, es puesto de mayor rango. A continuación, están los supervisores y, en la base del organigrama, se encuentra el área operativa de mantenimiento.

### 2.1.3.3.2. Organigrama

A continuación se presenta el organigrama del Departamento de Mantenimiento.

Figura 8. **Organigrama del Departamento de Mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

## 2.2. Descripción del proceso

El llenado de bebidas consta de varias etapas. El envase llega vacío a las líneas de producción y durante el proceso es lavado, llenado y encajonado. A continuación, se describe el proceso, más a detalle.

### 2.2.1. Depaletizado

El envase llega a las líneas de producción en *pallets*, procedente de bodega. Una máquina depaletizadora, se encarga de desarmar las tarimas y colocar el envase en el transporte.

Figura 9. Ilustración de un proceso de depaletizado



Fuente: <http://www.nexpert.cat/despaletizado-de-botellas-de-cava-en-alta-produccion/>.

Consulta: marzo de 2016.

### 2.2.2. Desencajonado

Las cajillas con envases llegan a la Desencajonadora, en donde un cabezal móvil con dispositivos, que ejercen una presión sobre la parte superior de los envases por medio de aire comprimido, los toma y los traslada a los transportes de vacío para ser llevadas a la siguiente estación.

Figura 10. **Ilustración de un proceso de depaletizado**



Fuente: <http://www.krones.com/es/magazine/encajonadora-y-desencajonadora-con-soporte-pendular.php>. Consulta: marzo de 2016.

### **2.2.3. Lavado de botellas**

Los envases llegan a la Lavadora de Botellas, en una operación de tres etapas: la primera, es un enjuague con agua a 30°C para eliminar residuos y contaminación interna. La segunda etapa, consiste en un enjuague con soda caustica. Esta fase es más minuciosa, debido a que se deben eliminar todos los microorganismos sobrevivientes del primer enjuague. Por último, se aplica otro enjuague con agua para eliminar los restos de soda. Los envases son desplazados a la salida de la Lavadora de Botellas, en transportes que los enviarán a la siguiente etapa.

Figura 11. **Ilustración de un proceso de depaletizado**



Fuente: <http://www.zysko.com/esp/productos/detalle.php?productoID=4&categoriaID=2>.

Consulta: marzo de 2016.

#### **2.2.4. Llenado de botellas**

El proceso continúa en la Llenadora de Botellas, en donde la bebida es introducida, posteriormente se le coloca la tapa. En esta etapa participan dos operarios; el operador del equipo, y uno que monitorea las características de calidad del producto.

Figura 12. **Ilustración de un proceso de llenado**



Fuente: <http://www.directindustry.com/prod/ektam-makine-san-ve-tic/product-60329-1351581.html>. Consulta: marzo de 2016.

### **2.2.5. Encajonado**

Este proceso es inverso al desencajonado. Las botellas llenas llegan en el transporte de lleno a la entrada de la máquina Encajonadora. Se ordenan en filas a través de una mesa de carga, y un cabezal con dispositivos de presión sobre la parte superior de la botella, a base de aire comprimido, los coloca en las cajillas vacías con una capacidad para 24 unidades. Estas se transportan hacia la siguiente operación, donde se arman las tarimas.

Figura 13. **Ilustración de un proceso de encajonado**

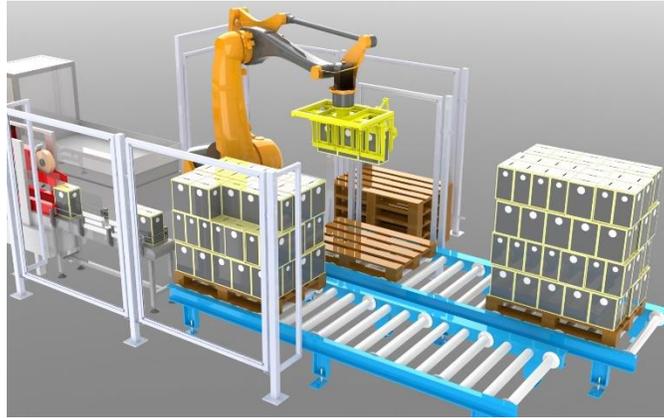


Fuente: <https://www.logismarket.com.mx/ip/krones-mex-embaladora-automatica-folleto-comercial-blitzpac-362333.pdf>. Consulta: marzo de 2016.

### **2.2.6. Paletizado**

Las cajillas llenas, llegan a la máquina Paletizadora, en donde una operación inversa a la de depaletizado, las estiba para formar tarimas de 42 cajillas. Estas son enviadas al final de la línea en el transporte de tarimas. Aquí, un montacargas las traslada a la Bodega de Producto Terminado.

Figura 14. **Ilustración de un proceso de paletizado**



Fuente: <http://www.dicyt.com/noticias/desarrollan-una-linea-automatizada-para-el-llenado-empaquetado-y-paletizado-de-botellas-de-vino>. Consulta: marzo de 2016.

### **2.3. Monitoreo del Proceso de Llenado**

El monitoreo, es ejecutado por los analistas de calidad. Se determina como punto de muestreo, la salida del proceso de llenado. Ahí se extrae el producto y es separado para su análisis. En el laboratorio del departamento de Control de Calidad, se realizan las pruebas para la toma de decisiones.

#### **2.3.1. Frecuencias de muestreo**

Para ejecutar un muestreo, se toma como referencia la duración de la corrida. Para cada una se toman 30 muestras. Por ejemplo, si una corrida está programada para ejecutarse durante 10 horas; se dividen en tiempos iguales, teniendo como resultado tomar una muestra cada 20 minutos. Durante estos lapsos, los analistas tomarán una muestra para su posterior análisis.

### **2.3.2. Metodología para la construcción de datos históricos**

Todos los resultados obtenidos en los muestreos son tabulados en una hoja de cálculo electrónica. Se evalúa la estabilidad y capacidad del proceso para la corrida a analizar y se comparten los resultados con el personal involucrado.

Los resultados por corrida son acumulados a los datos pasados, y con ellos se construye un dato acumulado, y se agrupan por períodos según sea el periodo de tiempo de interés a analizar.

## **2.4. Mantenimiento del Proceso de Llenado**

El proceso de llenado se lleva a cabo en una máquina denominada Llenadora de Botellas.

### **2.4.1. Plan de Mantenimiento Actual**

Actualmente, en el proceso de llenado, el mantenimiento es ejecutado de forma correctiva en la mayoría de los casos. Existen muchas oportunidades de mejora para que las fallas puedan ser previstas con anticipación. Influyen muchos factores que limitan plantear un plan efectivo de atención de averías, ya que la planta trabaja las 24 horas del día, 360 días al año. Por esto, se torna complicado encontrar el tiempo adecuado, para aplicar el mantenimiento a los equipos con un 100 % de efectividad. Se priorizan algunas fallas, y lo secundario no siempre puede ser ejecutado, provocando descuido, que posteriormente se traducirá en fallas que provocan paros durante la operación.

Otro factor limitante, es el presupuesto. La variedad de equipos, las deficiencias en edificios, compra de repuestos, costos de calibración, entre otros; provoca que la efectividad del programa merme en algunos aspectos.

Todas estas restricciones provocan debilidades en la ejecución del mantenimiento, para la organización. No se ha determinado con exactitud la ocurrencia de fallas, lo que provoca dificultad en la operación.

## **2.5. Evaluación del Proceso**

Semanalmente, los jefes de los diferentes departamentos, se reúnen y evalúan el rendimiento del proceso. Discuten y analizan las oportunidades de mejora a través de los índices de desempeño. Toman decisiones y proponen mejoras. En estas reuniones se formulan los planes de trabajo para los diferentes departamentos, con el fin de lograr los objetivos que han sido trazados.

### **2.5.1. Índices de Desempeño**

Un índice de desempeño, es aquella medida que indica qué tan bien o qué tan mal se pudo desempeñar algún factor de la operación en algún período. Por ejemplo, un  $C_p$  con un valor de 1,10, una eficiencia de 75 % o un rendimiento de materiales del 99,6 %.

### **2.5.2. Interpretación y Análisis**

Para interpretar los índices de desempeño, se utilizan Valores Meta, es decir, qué valor es el que se debe alcanzar. Si un índice no alcanza el valor deseado, se deben tomar decisiones. Estas pueden ser desde inversiones (modificación de maquinaria, reemplazo de equipos obsoletos o compra de nuevos), o proyectos de mejora que involucren directamente al personal.



### **3. PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO**

#### **3.1. Construcción del Plan de Muestreo**

Para el desarrollo del muestreo, es necesario establecer aquellos parámetros necesarios para alcanzar los objetivos planteados. Estos, deben estar basados en las diferentes dimensiones que comprende la ejecución, entre los cuales se puede mencionar: recursos humanos, materiales y tiempo en lo que se refiere a los recursos necesarios.

Posteriormente, se definirá la muestra que se obtendrá de las líneas de producción, y la manera de obtenerla, para que finalmente se determine la forma en que se analizarán los datos, para obtener información que ayude a obtener conclusiones relevantes.

##### **3.1.1. Recursos**

Como todo proyecto a ejecutarse, se debe contar con ciertos elementos, de estos dependerá la ejecución de todas las actividades. Estos elementos deben cumplir con los requisitos mínimos para que se puedan alcanzar los objetivos trazados. A continuación, se describe a detalle que es lo que se requiere para desarrollar el plan de control estadístico.

### **3.1.1.1. Recurso Humano**

Para el diseño, ejecución y análisis del proyecto, es necesario que una persona desarrolle cada una de las etapas requeridas. Debe encargarse de coordinar con el área administrativa y operativa el cómo, dónde, y cuándo se ejecutará el o los muestreos programados. Debe garantizar que todas las condiciones sean las óptimas para la puesta en marcha.

### **3.1.1.2. Recurso Material**

Estos recursos son todos aquellos bienes tangibles, que se utilizarán en las distintas fases del proyecto y que serán un apoyo importante para desarrollar los planes de muestreo. Los cuales se enumeran a continuación:

- Suministros de oficina. Estos elementos son considerados básicos, para la ejecución; los cuales son: lapiceros y lápices, hojas con formato para toma de datos, tabla porta hojas, y hojas de papel bond. Estos servirán para el trabajo administrativo (tomar apuntes, llevar el control del muestreo, y presentar informes).
- Cronómetro y/o reloj. Para el desarrollo del trabajo de campo, que no es más que la recopilación de datos durante el muestreo, es necesario cuantificar el tiempo (posteriormente se mostrará el diseño del formato a utilizar) entre cada una de las muestras a tomar y el total del tiempo de muestreo. Se puede utilizar un cronómetro con vuelta a cero o de tiempo acumulado.
- Equipo de cómputo. Útil para la depuración, procesamiento y análisis de datos. Con éste equipo se podrá diseñar el formato de muestreo, así como ingresar en una hoja de cálculo los datos recopilados en piso, para

posteriormente desarrollar gráficas, tablas e informes sobre la información recopilada.

- Equipo de protección personal. Para el ingreso a una planta procesadora de alimentos, es necesario contar con todos los implementos que se requiere por parte de la administración: botas industriales, chaleco reflectivo, lentes de seguridad, tapones para los oídos, mascarilla y cofia.

### **3.1.1.3. Recurso Tiempo**

Para el desarrollo de los planes de muestreo, es necesario una planificación adecuada del tiempo a emplear en cada una de las fases. Este tiempo debe ser dosificado y medido en función del cumplimiento de los objetivos propuestos.

El avance de cada una de las etapas, será medido en función porcentual sobre el tiempo total estipulado para cada una de ellas, siendo este el avance parcial en la fase en la que se encuentre el muestreo. También se medirá un avance global sobre el tiempo total del proyecto. Por ejemplo, si estamos en una fase de muestreo planeada para 5 horas, de las cuales han transcurrido 3 horas efectivas, dicha fase tendrá un cumplimiento del 60 %. En este caso, si el tiempo total del muestreo (incluyendo las distintas fases de planeación, ejecución y análisis) está planteado sobre 15 horas, estas 3 horas representan un avance global del 20 % del proyecto. De esta forma, se podrá obtener un indicador de tiempo.

En el apartado 4.1.3., se detalla cada una de las fases del muestreo, y sobre estas se pueden establecer los tiempos estipulados para hacer las mediciones de tiempo correspondientes.

### 3.1.2. Control Estadístico de Proceso

Como se mencionó anteriormente, el control estadístico de proceso nos mostrará de forma gráfica, el comportamiento de una corrida de producción a través del tiempo. Para este caso en particular se monitoreará un proceso de producción masiva, en donde la característica de calidad a medir será el contenido neto de las muestras. Cuando se mide esta característica de calidad, los valores obtenidos no son números enteros, sino que se obtienen valores con cifras decimales. Cuando se obtiene este tipo de datos se considera una variable del tipo continuo. Para ello se utilizarán las cartas de medias y rangos,  $\bar{X}$  y R, ya que son las idóneas para este tipo de variables.

Esta metodología, que puede decirse que tiene la función de “radiografía” de un proceso de producción, muestra a través de gráficas la situación del proceso *versus* los estándares. El primer paso consiste en una carta de medias, en la cual grafican los promedios de los valores unitarios de los subgrupos obtenidos cronológicamente durante la corrida, y se observa cómo se desplaza este a través del tiempo. Posteriormente, se grafica la desviación existente dentro del mismo, es decir, la diferencia entre el dato máximo y el dato mínimo obtenido. Esta carta permite observar la amplitud del proceso en determinados momentos de una corrida de producción.

Luego, se procede a calcular la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones; esto se evalúa a través de indicadores de capacidad; que no son más que números que miden el desempeño del mismo. Este número se compara contra estándares que, dependiendo el valor obtenido, clasifica el proceso en diferentes niveles, y establece si es capaz de cumplir con los objetivos, o si necesita correcciones y modificaciones que permitan afinar las características finales de los productos procesados.

### 3.1.2.1. Tamaño de Muestra

Para desarrollar un programa de control estadístico de procesos, es necesario tomar un tamaño significativo de muestras. Sin embargo, la cantidad de elementos que formarán cada subgrupo, no es tan relevante como el tiempo en el cual se tomarán. Las corridas de producción que se muestrearán, oscilan entre 5 y 12 horas aproximadamente. Para poder tomar datos representativos, cada muestreo del proyecto, estará formado por 25 subgrupos, y cada uno de ellos, formado por 5 unidades, para tener una muestra total de 125 unidades, a las cuales se le realizarán ensayos destructivos para determinar el contenido neto de cada una en momentos puntuales de una corrida de producción, y a partir de esto evaluar la estabilidad del proceso durante el tiempo, y su capacidad para cumplir con las especificaciones.

### 3.1.2.2. Frecuencia de Muestreo

Para determinar el tiempo promedio al cual se tomarán las muestras, se basará en el hecho de tomar el tiempo total de una corrida de producción, o la fracción de esta que se desea monitorear. Suponiendo que una corrida durará N horas, y se desea calcular el tiempo promedio “t” al cual se tomarán las muestras:

$$t_{prom} = \frac{\textit{Tiempo total de muestreo}}{\textit{Número de subgrupos}}$$

En la fórmula  $t_{prom}$  representa el promedio de los tiempos a los cuales se tomarán los subgrupos. Es importante mencionar que lo que se busca es que todas las muestras tomadas, sean lo más aleatoriamente posible. Es decir, que las condiciones del proceso no muestren ciclos recurrentes que puedan alterar

los resultados. Si se tomaran tiempos constantes, por ejemplo, cada 5 minutos, pueden ocurrir ciclos repetitivos que pudieran sesgar la muestra. Para ello, en base al tiempo promedio, se deben generar números aleatorios entre 0,5 y 1,5 veces este.

Para generar estos números, se puede apoyar de una hoja electrónica (Excel, por ejemplo), de la siguiente manera:

Tabla II. **Tabla de generación de tiempo total de muestreo**

Tiempo de Muestreo	5 horas
	300 minutos
T. Promedio	15 minutos
Rango de Minutos	
Inferior	7,5 minutos
Superior	22,5 minutos

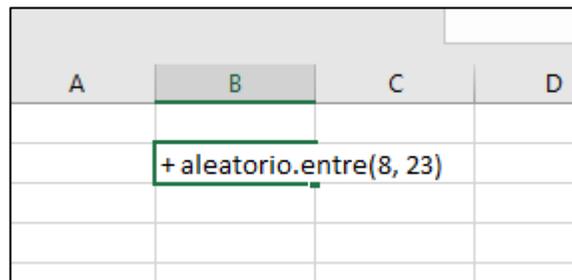
Fuente: elaboración propia.

En la figura II, se muestra una tabla en la que se estipula un tiempo total de muestreo de 5 horas, que es equivalente a 300 minutos. Si se desean muestrear 20 subgrupos, el tiempo promedio entre subgrupos es de 15 minutos. Esto resulta de dividir los 300 minutos entre 20.

A este tiempo promedio debe colocársele un rango en el cual oscilarán los tiempos aleatorios para la toma de subgrupos, se aconseja generar números entre 0,5 y 1,5 veces el tiempo promedio. Este rango equivale a un límite inferior de 7,5 minutos y 22,5 minutos. Debido a que la formula a utilizar en la hoja de cálculo, únicamente devuelve números enteros, el límite inferior se

ampliara al entero anterior inmediato, y el límite superior al entero siguiente. Con esto los nuevos límites serán 8 y 23. Ya con los nuevos límites, se generará la lista de números como se muestra a continuación:

Figura 15. **Fórmula para generación de números aleatorios**



A	B	C	D
	+aleatorio.entre(8, 23)		

Fuente: elaboración propia.

A partir de esto, se generarán 20 números aleatorios que corresponderán a cada uno de los tiempos a tomar para cada uno de los subgrupos.

Tabla III. **Tabla de generación de tiempo total de muestreo**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									

Tiempo de muestreo	5	horas
	300	minutos
T. promedio	15	minutos
<b>RANGO DE MINUTOS</b>		
Inferior	7	minutos
Superior	23	minutos

<b>TIEMPOS PROMEDIO</b>	
<b>No.</b>	<b>Minutos</b>
1	10
2	12
3	16
4	18
5	19
6	21
7	8
8	23
9	7
10	23
11	11
12	12
13	15
14	22
15	21
16	7
17	15
18	8
19	18
20	23
<b>Total</b>	<b>309</b>
<b>Promedio</b>	<b>15</b>

Fuente: elaboración propia.

De esta forma se puede generar un plan de números aleatorios de tiempos para la ejecución de un muestreo.

### 3.1.2.3. **Diseño de Formato de Muestreo**

Para la recopilación de datos, es necesario contar un con formato apto para plasmar toda la información relevante e importante que sea observada, así como los datos que servirán para desarrollar todo el proyecto. Para ello se propone el siguiente formato:



### **3.1.2.4. Recopilación de Datos**

La etapa de recopilación de datos, consiste en la serie de pasos ordenados que comprenden, desde la preparación de los materiales, hasta que se han obtenido todos los datos necesarios para el análisis. El orden en que han sido planteados, ayudarán a obtener mejores resultados. A continuación, se detallan las distintas etapas:

- Preparación de todos los materiales necesarios para desarrollar el proyecto (hojas de papel bond, lápiz, lapicero, marcador permanente, cronómetro, equipo de protección personal).
- Diseño del plan de muestreo y generación de los tiempos en los cuales se recopilará la información.
- Generación del formato para la recopilación de datos, listo para que pueda ser llenado con la información. Para cada muestreo se debe generar un formato diferente (incluyendo tiempos diferentes, que deben ser generados específicamente para cada uno).
- Dentro de la planta de producción, ubicarse en la línea en la cual se desea realizar el control estadístico. Es importante tomar una actitud adecuada frente a los trabajadores, y explicarles el motivo por el cual se está ejecutando el estudio.
- Preparar los elementos necesarios para ejecutar el muestreo en la línea, esto incluye: cajillas para colocar las muestras, rótulos para señalar los subgrupos, y marcador permanente para marcar cada muestra.
- Colocarse a la salida del proceso de llenado, previo al proceso de empaqueo, en el transporte de botellas llenas.
- El primer subgrupo, será tomado en el tiempo 00:00, es decir en el momento que inicie el muestreo. A partir de entonces el cronómetro será

el que indique en qué momento se deben tomar cada uno de los subgrupos de acuerdo a los números aleatorios generados.

- Cada una de las botellas llenas, deben ser tomadas al azar. Es decir que no debe seleccionarse ninguna, para evitar sesgos en los datos resultantes.
- Cuando el subgrupo esté completo, se debe identificar cada una de las botellas, a fin de no perder el orden en el cual fueron extraídas. Por ejemplo, si estamos muestreando el subgrupo 3, el cual contiene 5 muestras, puede usarse una numeración de la siguiente manera: “3-1”. Esto indica que la unidad pertenece subgrupo 3, y es la primera botella de este; “3-2” indica subgrupo 3 y botella 2; y así hasta llegar a “3-5” que indica el subgrupo 3 y botella 5.
- La persona encargada de cronometrar y recopilar la información debe identificar aquellas causas que provoquen desviaciones en el contenido neto, y registrarlo en el formato. Más adelante se explicarán las posibles causas que puedan provocar desviaciones en el proceso.
- El muestreo se puede dar por concluido, cuando se hayan muestreado todos los subgrupos que conforman el muestreo.
- Finalizado el muestreo, el formato con los datos y las observaciones, deben ser guardados, para que posteriormente pueda analizarse toda la información.

### **3.1.2.5. Depuración de Datos**

Todos los datos recopilados en planta, se encuentran plasmados en los formatos y registros que fueron utilizados para la ejecución del muestreo. Esta información debe ser trasladada a una hoja electrónica. En esta hoja, serán ingresados y, posteriormente, se efectuarán los cálculos correspondientes para

efectuar el control estadístico. A continuación, se muestra como se crea la hoja de cálculo:

Figura 17. **Formato para creación de base de datos**

MUESTREO 1													
FECHA			PRESENTACIÓN										
Datos de Muestra			Contenido Neto (ml)					Fallas observadas en proceso de llenado					
Subgrupo	Tiempo (min)	Hora	1	2	3	4	5	Promedio	Rango	Espumeo	Temperatura	Presión	Velocidad
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
								$\bar{x}$ , R					

Fuente: elaboración propia.

A partir de ésta hoja, se creará una base de datos, en la cual quedará almacenada toda la información obtenida en los muestreos. Para cada uno de estos, se debe crear una hoja diferente, de la cual se generarán los reportes.

La tabla consta de las siguientes partes:

- Encabezado: aquí se colocará el número de muestreo, la fecha y la presentación que se esté monitoreando.
- Datos de muestra: Inicialmente está la columna de numeración, aquí se colocará el correlativo del subgrupo que se está analizando. Seguido de

esto, se encuentran las columnas de contenido neto; en estas se encuentran los valores obtenidos del contenido de producto neto de cada muestra. Por último, estarán plasmadas las fallas que se observaron en el proceso durante el muestreo. Estas fallas están clasificadas de la siguiente manera:

- Espumeo: indica la espuma presente en la bebida, generada durante el proceso, que puede provocar desviaciones en el contenido neto. Está clasificado como: Alto, normal y bajo.
- Temperatura: la de la bebida en el momento del llenado. Es una causa potencial de espumeo, que provoca turbulencia, y que provoca merma en el proceso, derivando en un contenido neto bajo. Se clasifica en: Alta, normal y baja.
- La presión de la máquina de llenado, está relacionada directamente a mantener el nivel óptimo de llenado. Se clasifica en: alta, normal y baja.
- Velocidad: La velocidad de la máquina de llenado debe mantenerse constante. Si no fuese así, provocaría turbulencia e inestabilidad dentro de la cámara de bebida dentro de la máquina. Se clasifica en: estable e inestable.

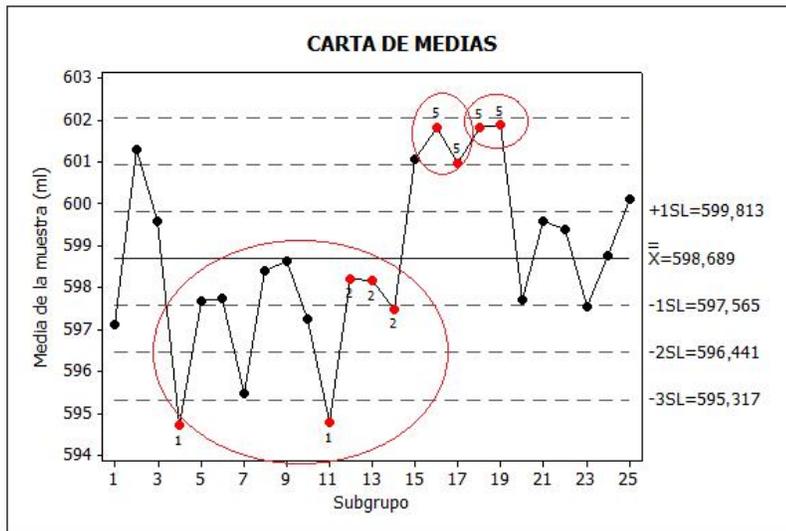
### **3.1.3. Evaluación de Estabilidad**

A partir de los datos depurados, se procede a realizar la evaluación de la estabilidad del proceso a través del tiempo. Como se expuso en el capítulo 2, un proceso bajo control estadístico, es aquel que carece de causas no aleatorias de variación.

A continuación, se presenta un muestreo ejemplo en donde, a partir de los datos obtenidos en el estudio en planta, se detectan aquellos comportamientos

que sean anómalos en el proceso (basándose en los patrones no aleatorios de variación expuestos en el capítulo II).

Figura 18. **Evaluación de estabilidad de procesos a través de una carta de control de medias**

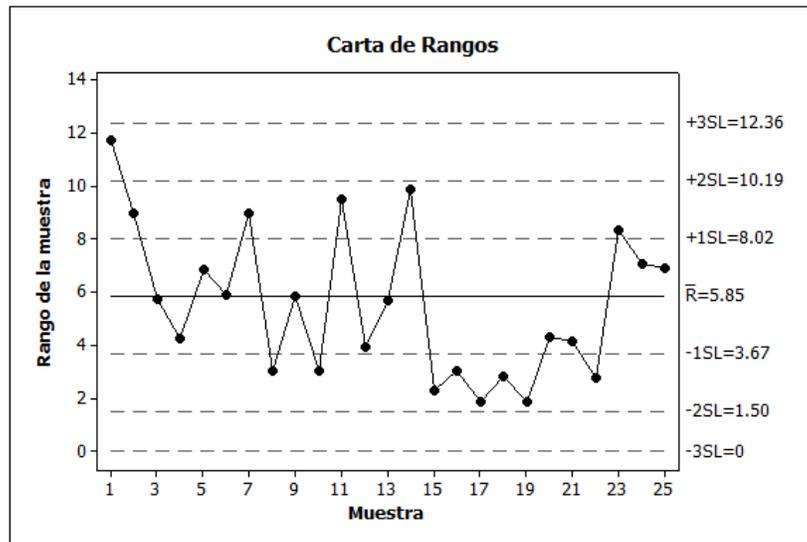


Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 18, los puntos 4 y 11, se encuentran por debajo del límite inferior tres sigma de la carta de control de medias, lo que indica que el promedio del proceso tendió a la baja. Esos puntos, se encuentran en el rango comprendido entre los puntos 4 y 14, que también muestran una tendencia a la baja (es decir, que todos se encuentran por debajo de la línea central). Más adelante, en los puntos 15 al 19, se observa que el proceso tendió al alta, y los puntos se encuentran muy próximos a la línea superior de control tres sigma.

Si se analiza la carta de control de rangos queda de la siguiente forma:

Figura 19. **Evaluación de estabilidad de procesos a través de una carta de control de rangos**



Fuente: elaboración propia.

La carta de control de rangos (que nos muestra la diferencia entre el valor más grande y el más bajo de cada subgrupo), no muestra ningún patrón no aleatorio de variación, sin embargo, el punto número 1 indica una dispersión muy amplia de los datos, y se encuentra muy cercano al límite superior de control tres sigma.

### 3.1.4. Evaluación de Capacidad

Siguiendo con el muestreo anterior, y considerando que se trata del análisis de una corrida para una presentación de 600 ml, se procede a calcular la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones, las cuales son:

- Especificación superior: 615 ml
- Especificación central: 600 ml
- Especificación inferior: 585 ml

Y a partir de las especificaciones, se obtienen los índices de capacidad Cp y Cpk:

- Cp: 1,64
- Cpk: 1,50

De acuerdo a los valores obtenidos, en una sección posterior a este capítulo, se analizarán para determinar el estado del proceso, de acuerdo al muestreo ejecutado.

### **3.1.5. Análisis de las Desviaciones**

Durante la fase de muestreo en piso, se recopilaron todos aquellos parámetros que pudieran afectar la capacidad del proceso, como se detallaron anteriormente. A partir de esta información se deben prorratear y clasificar para poder obtener información relevante para la toma de decisiones.

#### **3.1.5.1. Análisis de Pareto**

Este análisis, a través del conteo de las fallas observadas, prioriza aquellos eventos que son relevantes, respecto a aquellos que son triviales. Por ello, se pueden contabilizar y comparar para determinar cuál o cuáles son los que representan un verdadero problema.

Tabla IV. **Clasificación de fallas**

<b>Falla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>	<b>% Acum.</b>
Espumeo Alto	8	53,33	53,33
Temperatura Baja	3	20,00	73,33
Espumeo Bajo	1	6,67	80,00
Temperatura Alta	1	6,67	86,67
Presión Baja	1	6,67	93,34
Velocidad Inestable	1	6,66	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla IV, se presentan desde los que tienen mayor recurrencia (espumeo alto, temperatura baja) hasta los problemas que no representan un impacto significativo. A partir de este cuadro se puede construir una gráfica de Pareto.

### **3.1.5.2. Análisis de Ishikawa**

De acuerdo a lo obtenido en el análisis de Pareto, en donde se obtienen los problemas de mayor relevancia, se debe desarrollar un diagrama de Ishikawa para cada uno de los problemas seleccionados, incluyendo todos aquellos factores que puedan ser causantes de las desviaciones en el proceso.

Los distintos problemas de calidad pueden ser analizados de distintos puntos de vista. Un enfoque recomendado para ser utilizado es basarse en las 6M. Este, se apoya en seis dimensiones: materia prima, mano de obra, materiales, medio ambiente, mediciones y maquinaria. A partir de esto se puede profundizar en cada problema para encontrar posibles soluciones.

### **3.1.6. Análisis de Fallas Mecánicas**

A partir del análisis de Pareto, se clasificaron aquellas fallas que mayor impacto tienen en las desviaciones del proceso. El análisis 80-20, o de Pareto, nos permite priorizar aquellos eventos que requieren mayor enfoque. A partir de éste análisis, se analiza cada problema por separado para encontrar la causa raíz por medio del análisis de Ishikawa. Este análisis comprende el área de maquinaria, en el cual se analizarán las fallas que tienen su origen en fallas provocadas por el equipo. Es aquí donde se puede encontrar oportunidades para el programa de mantenimiento de la empresa.

Al buscar los orígenes de las fallas se podrá profundizar en algunos aspectos relevantes de los equipos como por ejemplo la presión de llenado, temperatura de llenado, velocidad de llenado, entre otros aspectos que pueden impactar directamente el llenado del producto.

### **3.2. Análisis de Datos**

Esta etapa es la que procede a la recopilación de datos en piso. Inicia con el ingreso de información en una plantilla electrónica en la cual se revisará que los datos obtenidos sean acordes a lo esperado. Por ejemplo, si estamos muestreando una corrida de una presentación de 600 ml, los datos deben oscilar alrededor de este valor, y no valores muy alejados que puedan venir de

un error de cálculo o confusión con una muestra de diferente presentación. Los datos serán agrupados y procesados de acuerdo al subgrupo al cual pertenecen. Se calculará el promedio de cada uno, y su rango (el valor más grande menos el valor más pequeño). Los datos obtenidos, visualizados en las cartas de control, serán analizados en función de las reglas para la detección de patrones no aleatorios de variación en las cartas de control (apartado 1.7.1.2.3.), el análisis consiste principalmente en detectar aquellos comportamientos anómalos en las cartas y señalarlos, identificando aquellos puntos que se salen de un comportamiento normal. Respecto a al análisis de capacidad, este se realizará evaluando el valor puntual obtenido de los índices  $C_p$ , y  $C_{pk}$ . Llegando a concluir si nos encontramos frente a un proceso estadísticamente estable y capaz de cumplir con las especificaciones.

### **3.2.1. Depuración y Análisis de Datos**

Los datos obtenidos en el muestreo, deben ser plasmados en la hoja electrónica destinada para procesar la información. Se puede manejar de la siguiente manera:

Figura 20. Ejemplificación de manejo de datos en la base de datos

Datos de Muestra			Contenido Neto (ml)					Fallas observadas en proceso de llenado					
Subgrupo	Tiempo (min)	Hora	1	2	3	4	5	Promedio	Rango	Espumeo	Temperatura	Presión	Velocidad
1	0	9:10	589.57	601.30	595.17	599.01	600.54	597.12	11.73	Normal	Normal	Normal	Estable
2	16	9:26	595.50	600.50	602.78	604.50	603.20	601.30	9.00	Normal	Normal	Normal	Estable
3	9	9:35	600.18	600.12	595.51	601.23	600.98	599.60	5.72	Alto	Normal	Normal	Estable
4	13	9:48	592.63	594.25	594.18	596.87	595.57	594.70	4.24	Bajo	Normal	Normal	Estable
5	21	10:09	594.50	597.80	599.54	601.35	595.14	597.67	6.85	Alto	Alta	Baja	Inestable
6	18	10:27	599.31	597.15	600.01	594.13	598.11	597.74	5.88	Normal	Baja	Normal	Estable
7	14	10:41	595.50	590.33	599.31	595.14	597.11	595.48	8.98	Alto	Normal	Normal	Estable
8	10	10:51	600.14	598.59	597.15	597.10	599.04	598.40	3.04	Alto	Normal	Normal	Estable
9	15	11:06	601.01	600.12	598.88	598.00	595.15	598.63	5.86	Alto	Normal	Normal	Estable
10	16	11:22	597.14	598.15	598.12	597.77	595.12	597.26	3.03	Normal	Normal	Normal	Estable
11	14	11:36	596.15	588.12	597.66	596.11	595.79	594.77	9.54	Normal	Normal	Normal	Estable
12	19	11:55	598.11	596.12	596.95	599.87	600.03	598.22	3.91	Normal	Baja	Normal	Estable
13	22	12:17	594.54	599.88	599.01	597.12	600.24	598.16	5.70	Normal	Normal	Normal	Estable
14	18	12:35	591.91	594.61	601.78	597.89	601.24	597.49	9.87	Normal	Normal	Normal	Estable
15	14	12:49	601.36	600.35	602.47	600.18	600.97	601.07	2.29	Normal	Normal	Normal	Estable
16	22	13:11	602.11	600.29	600.48	603.34	602.93	601.83	3.05	Normal	Normal	Normal	Estable
17	23	13:34	600.99	601.76	601.78	599.94	600.46	600.99	1.84	Alto	Normal	Normal	Estable
18	20	13:54	601.08	601.65	603.40	602.40	600.56	601.82	2.84	Normal	Normal	Normal	Estable
19	17	14:11	602.77	601.41	602.95	601.10	601.18	601.88	1.85	Normal	Normal	Normal	Estable
20	23	14:34	599.30	598.43	599.69	595.78	595.36	597.71	4.33	Normal	Normal	Normal	Estable
21	10	14:44	601.62	600.65	599.06	599.18	597.46	599.59	4.16	Normal	Normal	Normal	Estable
22	13	14:57	598.19	600.92	600.15	598.18	599.52	599.39	2.74	Normal	Baja	Normal	Estable
23	14	15:11	591.68	599.99	599.13	596.80	600.04	597.53	8.36	Alto	Normal	Normal	Estable
24	17	15:28	594.72	600.09	601.77	599.14	598.15	598.77	7.05	Normal	Normal	Normal	Estable
25	10	15:38	600.24	599.08	597.05	600.25	603.94	600.11	6.89	Alto	Normal	Normal	Estable
								$\bar{x}$ , R	598.69	5.55			

Fuente: elaboración propia.

Como se ilustra en la Figura 20, se muestra de manera gráfica, la manera en la que se manejarán los datos de cada muestreo, y en cada columna se debe colocar la información que corresponda, de acuerdo a lo observado durante el muestreo. Para cada sub grupo, se deben colocar los valores que corresponden, que inicia con el tiempo obtenido de la tabla de números aleatorios, la hora que fue tomada la muestra, cada una de las 5 muestras que lo conforman, el promedio, el rango y las fallas observadas de las variables que se están analizando.

### 3.2.2. Evaluación de Estabilidad del Proceso

La evaluación de la estabilidad, saldrá de las cartas de control del proceso. Como se puede ver en la carta de control de medias ilustrada en el inciso 3.1.3., existen algunos patrones no aleatorios de variación que se presentaron durante el muestreo.

Estos patrones se analizarán de la siguiente manera:

- Los puntos 4 y 11 se encuentran por debajo del límite inferior de control tres sigma.
- Así mismo, a parte de los puntos mencionados, existen once puntos consecutivos por debajo de la línea central (la regla considera ocho), esto indica que hay una tendencia a la baja en el promedio del contenido neto en ese rango de muestras. Estas están comprendidas en un horario de las 09:48 a las 12:35 horas. En este período se presentó tres veces espumeo bajo según los datos recopilados. Así mismo se registró temperatura de bebida de llenado alta en 2 ocasiones y una vez baja. La presión de llenado se presentó en una ocasión a la baja y la velocidad fue inestable cuando se muestreó el subgrupo 5.
- En el rango de los subgrupos 15 a 19 existe una tendencia de la media del contenido neto al alta, específicamente 5 puntos se encuentran por encima del límite de control 3 sigma. La regla dice que, con dos de tres puntos, se puede declarar un patrón no aleatorio de variación.

A partir de este análisis, se pueden detectar aquellas desviaciones que causan que el proceso entre en un estado de inestabilidad estadística, y son muestra que su comportamiento puede dañar el cumplimiento de las especificaciones ofrecidas al cliente.

Por otro lado, la carta de control de rangos, no muestra ninguna causa no aleatoria de variación evidente. Sin embargo, el punto número 1 de la carta (que corresponde el primer subgrupo muestreado) muestra un punto muy próximo al límite superior de control tres sigma. Se debe poner atención en estos puntos, que por muy poco, no entran categorizados dentro de las reglas de patrones no aleatorios de variación. Por otro lado, no existe otro indicio que el proceso, en

cuanto a los rangos en que oscilan los subgrupos, esté fuera de control estadístico.

### **3.2.3. Evaluación de Capacidad del Proceso**

Cuando se evalúa la capacidad del proceso, se quiere llegar a la conclusión si el proceso es capaz o no, de cumplir las especificaciones. Para esto, tomando en cuenta las tolerancias de la presentación en análisis (600 ml), se determina si puede cumplirse con los límites de 615 ml (superior), y 585 ml (inferior).

Como se analizó en el apartado 3.1.4., el proceso tiene un índice de capacidad potencial de 1.64, y un índice de capacidad real (que toma en cuenta el centrado), de 1,50.

Esto quiere decir que, el proceso, al menos en esta corrida ejemplo, es capaz de cumplir con las especificaciones, y posee un índice de capacidad que sobrepasa las expectativas. Existe la posibilidad de acercar la media de 598,69 a 600, que es el objetivo que se desea cumplir.

A partir de esto, para esta corrida en específico, se puede afirmar que el proceso no es estable estadísticamente, pero si es capaz de cumplir con las especificaciones que se ofrecen al consumidor final.

### **3.3. Análisis de fallas mecánicas**

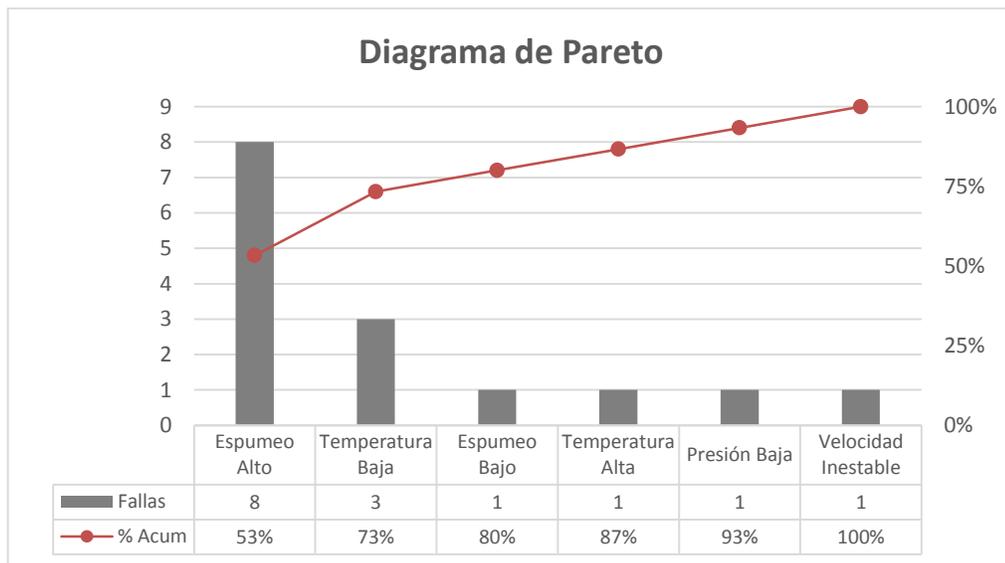
A través de los diagramas de Pareto e Ishikawa, se podrá determinar el impacto que tienen las fallas mecánicas, y el entorno en el que se pueden presentar. Para la mejora de los programas de mantenimiento es necesario

profundizar en las causas que generan los problemas de maquinaria para que, a partir de esto, se puedan generar planes de acción.

### 3.3.1. Diagrama de Pareto

A través del diagrama de Pareto, se puede visualizar de mejor manera aquellos problemas que tienen más repercusión en las desviaciones del proceso. De acuerdo a la tabla IV, donde están estratificados los problemas, se puede construir dicha gráfica.

Figura 21. Diagrama de Pareto



Fuente: elaboración propia.

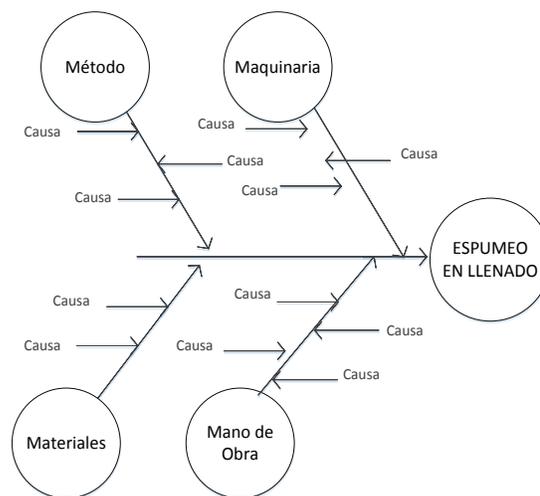
Si se toma el 80 % de los impactos en el proceso, se puede detectar que, los 3 problemas que representan este porcentaje son: espumeo alto, temperatura baja y espumeo bajo. El espumeo de bebida se puede tomar como

un solo problema dadas las características del proceso. A partir de este análisis se puede profundizar más a través del diagrama de Ishikawa.

### 3.3.2. Diagrama de Ishikawa

Tomando en cuenta los problemas principales que afectan el proceso de llenado, se tomarán dos: el espumeo (alto y bajo); y la temperatura de llenado. Estos deben ser puestos a discusión cada uno por aparte, y luego, profundizar en ellos para determinar las causas principales.

Figura 22. **Ejemplificación del Diagrama de Ishikawa para Espumeo de Llenado**

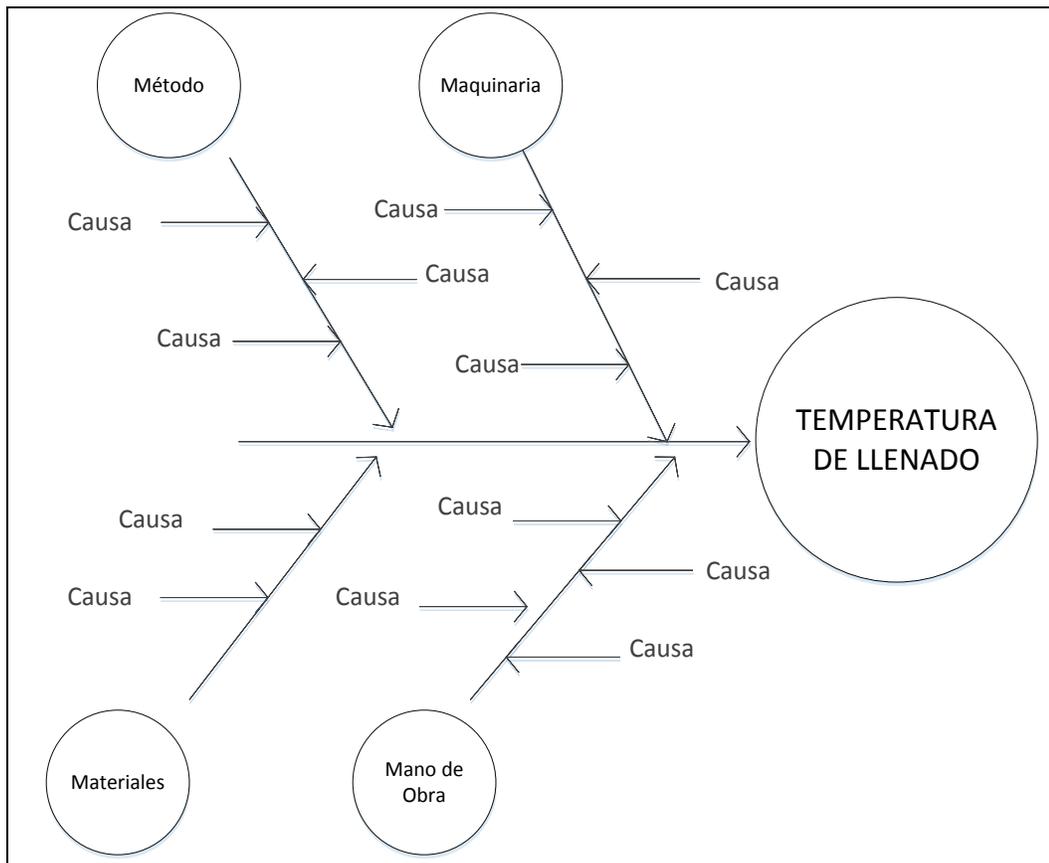


Fuente: elaboración propia.

En el diagrama de Ishikawa para analizar el espumeo en llenado, se puede desglosar, a modo de ejemplo en las distintas dimensiones que pueden afectar el contenido neto. Este problema puede tener un enfoque puramente mecánico que se detallará más en el siguiente capítulo. De la misma manera,

existen otras causas relacionadas con mano de obra, materiales, etcétera, que también serán analizadas.

Figura 23. **Ejemplificación del Diagrama de Ishikawa para Temperatura de Llenado**



Fuente: elaboración propia.

Y de la misma forma para la temperatura de llenado, existen varias causas, en las que se profundizarán en la implementación de esta propuesta.



## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **4.1. Propuestas de Mejoras**

En este capítulo, a través de los resultados obtenidos en los muestreos ejecutados durante el trabajo de campo, se determinarán aquellas causas que provocan desviaciones en los procesos. A través de las herramientas para la administración de la calidad que se han venido explicando (Diagramas de Ishikawa, Pareto y Cartas de Control), se podrán crear propuestas de mejora para los diferentes departamentos involucrados en el proceso.

#### **4.1.1. Implementación de mejoras**

Una vez conocidos los problemas que presenta el contenido neto, como una característica de calidad, se deben implementar programas de mejora, con la finalidad de corregir dichos problemas. Estos programas asignarán responsables según sus roles y responsabilidades. Y cada uno debe cumplir con sus tareas y/o actividades asignadas en un lapso estipulado. Esto se efectuará con el apoyo del cada jefe del área, siendo este, el que conoce las cargas de trabajo de cada miembro, así como las capacidades de cada uno.

#### **4.1.2. Áreas Responsables y sus roles**

La mejora continua en las organizaciones, es un compromiso que se debe adquirir a todos niveles. Para poder implementar planes efectivos, que tengan un impacto significativo, debe existir la participación de todos los miembros de las diferentes unidades que integran la empresa.

Cada una de las partes involucradas debe aportar su participación, puesto que cada una juega un papel importante en la implementación de proyectos, programas, procedimientos, entre otros; que contribuyen a mejorar los resultados que se obtienen día a día. Para la implementación de un programa de control estadístico de procesos, deben involucrarse activamente los Departamentos de Producción, control de calidad y mantenimiento industrial. Existen otras áreas que se pueden involucrar indirectamente, como el departamento de compras, que se encarga de gestionar los proveedores (si el programa se quisiera implementar a través de *outsourcing*); brindar suministros de oficina u otros elementos necesarios a las diferentes áreas. O el Departamento de Recursos Humanos, quien tiene a su cargo el proceso de reclutamiento de personal. Sin embargo, no se profundizará en estos aspectos, ya que no tienen relevancia en el tema planteado. Únicamente se enfocará en el área técnica del proyecto.

#### **4.1.2.1. Rol del Departamento de Producción**

Al implementar el control de procesos, evidentemente se refiere a monitorearlos en tiempo real. No se puede decir que se va a analizar una corrida de producción, cuando ésta no ha iniciado, o ya concluyó.

El Departamento de Producción, tiene a su cargo el desarrollo del Programa de Producción. En este programa, se incluyen todos los detalles sobre las distintas corridas que se ejecutarán diariamente, como las horas de arranque y corte de las líneas, las presentaciones y sabores que se producirán, las velocidades de llenado, entre otros aspectos relevantes de las corridas. A partir de este programa, se planearán los diferentes muestreos que se ejecutarán. Por ello, se debe coordinar con el jefe del área y supervisores las condiciones bajo las cuales se desarrollará. Ellos, deben comprometerse en

facilitar la ejecución y apoyar con cualquier inconveniente que pueda surgir en las diferentes etapas.

#### **4.1.2.2. Rol del Departamento de Control de Calidad**

La calidad, es un aspecto fundamental, con la cual se asegura al cliente que el producto que se está entregando, cumple con las expectativas requeridas. Esto a través de las especificaciones declaradas. El Departamento de Control de Calidad, tiene a su cargo, que estas especificaciones se cumplan de manera integral. Periódicamente, esta área es auditada, y se verifica que los mecanismos para asegurar la calidad sean efectivos. Estos deben garantizar que los procesos aseguren que las características de calidad de los productos sean satisfactorias. En este caso específico, se está tratando el contenido neto como una de tantas características de calidad que componen las bebidas. El contenido neto de cada producto, debe estar dentro de un rango de valores establecidos. Estos rangos componen lo que se le llama “especificaciones”.

El Departamento de Control de Calidad, debe participar activamente en la implementación del programa. Debe apoyar en facilitar todos los criterios establecidos para evaluar los productos, y determinar si están o no, cumpliendo con las especificaciones. Así como en la evaluación de los indicadores de calidad, que posteriormente servirán para la toma de decisiones.

#### **4.1.2.3. Rol del Departamento de Mantenimiento Industrial**

Al obtener conclusiones sobre los muestreos ejecutados, se detectarán fallas mecánicas que están provocando desviaciones en los procesos

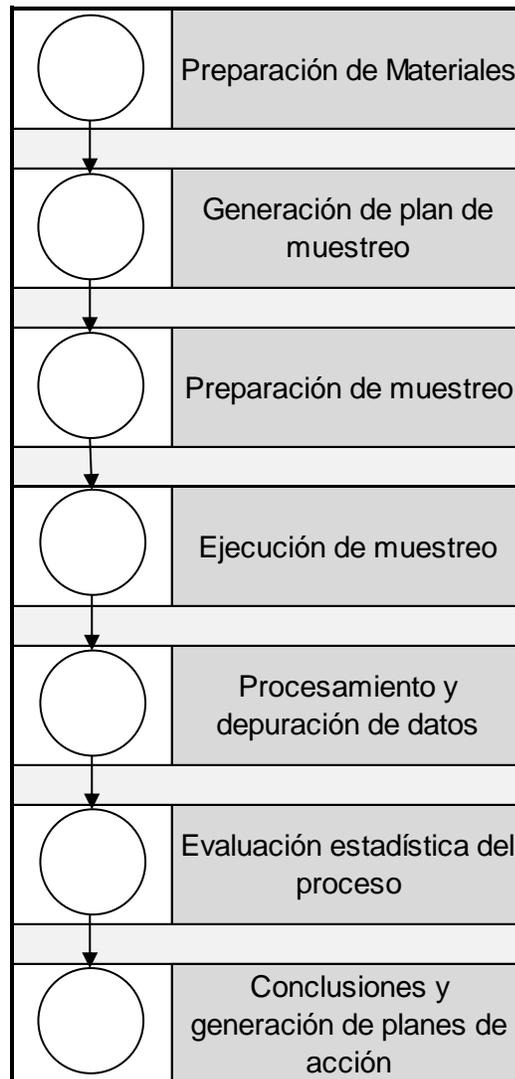
productivos. El Departamento de Mantenimiento, en base a los resultados obtenidos, debe tomar decisiones para corregir cualquier anomalía concerniente a su campo de alcance, esto implica modificaciones en la supervisión, en equipos, mantenimiento preventivo y correctivo, ciclos de servicio de maquinaria, etc. El jefe del departamento y supervisores deben formar parte activa, y contribuir con soluciones que mejoren el desempeño de los procesos.

Parte del presupuesto del departamento, debe ser destinado a la implementación de programas de mejora continua, que se desprenderán de este proyecto. Debe emplear recursos en el seguimiento las acciones correctivas.

#### **4.1.3. Diseño del Procedimiento de Muestreo**

Para ejecutar los muestreos, es necesario establecer una secuencia lógica de las actividades. Estas, ayudarán a poder alcanzar los objetivos planteados desde el inicio. Para ello nos basaremos en el inciso 3.1.2.4., en el cual se detalla el orden en el cual se debe operar. Para simplificarlo de la siguiente manera:

Figura 24. **Flujograma del procedimiento de muestreo**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.3.1. Generación de números aleatorios**

Para efectos prácticos, se realizarán muestreos en las presentaciones de 600 ml, 354 ml y 500 ml. Históricamente, estas presentaciones requieren de un

mayor enfoque, ya que han mostrado una mayor cantidad de desviaciones en el contenido neto. Se ha planeado ejecutar tres muestreos para cada presentación, haciendo un total de nueve. Para cada uno se hará un plan diferente, iniciando con la generación de números aleatorios, que indicarán cada cuántos minutos se deberá extraer un subgrupo de las líneas de producción.

Tabla V. **Tiempos de muestreo**

Subgrupo	Tiempos de Muestreo (min)								
	Presentaciones de 600 ml			Presentaciones de 354 ml			Presentaciones de 500 ml		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	12	17	10	6	14	18	16	16	6
2	17	8	17	11	13	15	11	15	10
3	9	8	17	11	8	9	7	7	16
4	11	14	12	13	8	17	18	10	9
5	15	9	11	15	18	14	6	7	16
6	18	10	9	15	12	18	14	15	10
7	13	10	10	13	8	12	6	6	12
8	11	10	13	8	13	16	15	11	17
9	11	6	13	13	9	8	16	15	12
10	10	17	17	12	6	12	12	14	17
11	10	9	12	10	12	9	17	14	17
12	18	17	7	10	18	6	8	6	16
13	15	7	12	16	13	7	14	17	12
14	18	14	18	14	12	7	9	10	6
15	7	18	11	17	17	16	11	6	18
16	7	6	6	6	9	11	14	12	11
17	6	9	12	16	16	18	8	12	17
18	7	18	17	8	13	13	9	13	9
19	6	8	16	10	6	12	13	17	8
20	16	17	14	15	8	11	11	7	6
21	15	16	15	15	15	7	14	18	14
22	13	18	16	6	14	10	15	14	6
23	13	15	8	10	14	10	16	15	11
24	8	10	12	11	9	10	11	10	9
25	18	8	6	8	9	16	15	15	12
<b>T. Total</b>	<b>304</b>	<b>299</b>	<b>311</b>	<b>289</b>	<b>294</b>	<b>302</b>	<b>306</b>	<b>302</b>	<b>297</b>
<b>T. Promedio</b>	<b>12,16</b>	<b>11,96</b>	<b>12,44</b>	<b>11,56</b>	<b>11,76</b>	<b>12,08</b>	<b>12,24</b>	<b>12,08</b>	<b>11,88</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla V, se plantean los tiempos en los cuales se tomarán los subgrupos de las líneas de producción. La tabla posee diez columnas, la primera de ella es el correlativo de subgrupo. Las siguientes nueve, están

agrupadas de tres en tres. Cada grupo de estos detalla los datos de cronometraje para cada una de las presentaciones: 600 ml, 354 ml, y 500 ml, respectivamente. Al final de la tabla, "T. total", representa el tiempo total en minutos que durará cada muestreo. "T. promedio", es el tiempo promedio en el cual se extraerán los subgrupos.

#### **4.1.3.2. Determinación de tiempos de muestreo**

Cada muestreo ha sido diseñado para que tenga una duración de 5 horas. Basándonos en el hecho que, se tomarán 25 subgrupos; y distribuyendo el tiempo entre estos, se debería muestrear un subgrupo cada 12 minutos de producción. Este dato, representa el promedio de tiempos al cual debe ser tomado cada subgrupo. Como fue detallado anteriormente, los números aleatorios se generarán en un rango de  $\pm 50\%$  del promedio del tiempo, es decir, que se deben generar en el rango de valores comprendidos entre 6 minutos y 18 minutos. Esto para evitar ciclos repetitivos en el proceso que puedan sesgar los resultados.

Al iniciar el muestreo en piso, se arrancará el cronómetro desde el tiempo 00:00. A partir de este tiempo se inicia la cuenta del tiempo que indica el primer valor la tabla. Estos minutos iniciales son determinantes para iniciar a identificar las condiciones del proceso, y las fallas que pueda presentar.

#### **4.1.3.3. Tamaño de Subgrupos**

Una carta de control puede ser construida con distinta cantidad de elementos para cada subgrupo. Puede ser creada a partir de datos individuales o agrupados que van desde dos elementos o hasta 25 elementos por subgrupo. Para la ejecución de los muestreos en el presente trabajo, cada subgrupo

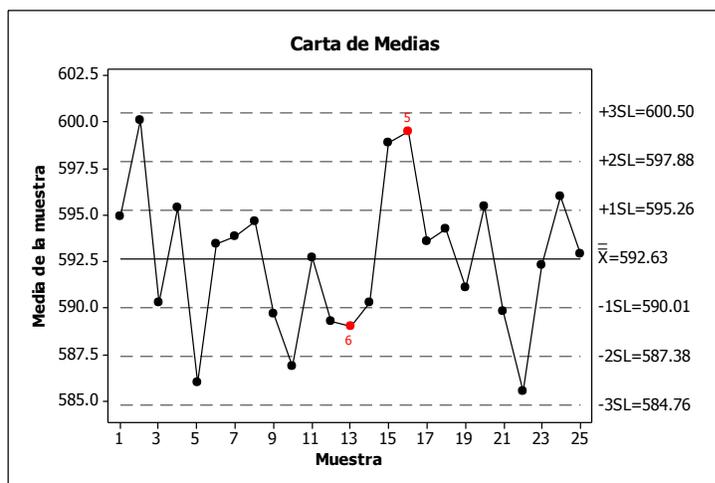
muestreado estará formado por 5 elementos (botellas), y serán muestreados 25 subgrupos. En total, se obtendrán 125 unidades producidas para el análisis de estabilidad de proceso y capacidad del mismo.

#### 4.1.3.4. Análisis de subgrupos

En este apartado, se realizará el análisis de las cartas de control, evaluando el comportamiento del proceso a través del tiempo. Se detectarán aquellas causas de variación inherentes al proceso, y aquellas que provoquen patrones anormales de variación. Al final, se realizará la evaluación de la capacidad por presentación para determinar si el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones.

- Muestreo No. 1  
Presentación de 600 ml

Figura 25. Carta de control de medias para muestreo No. 1

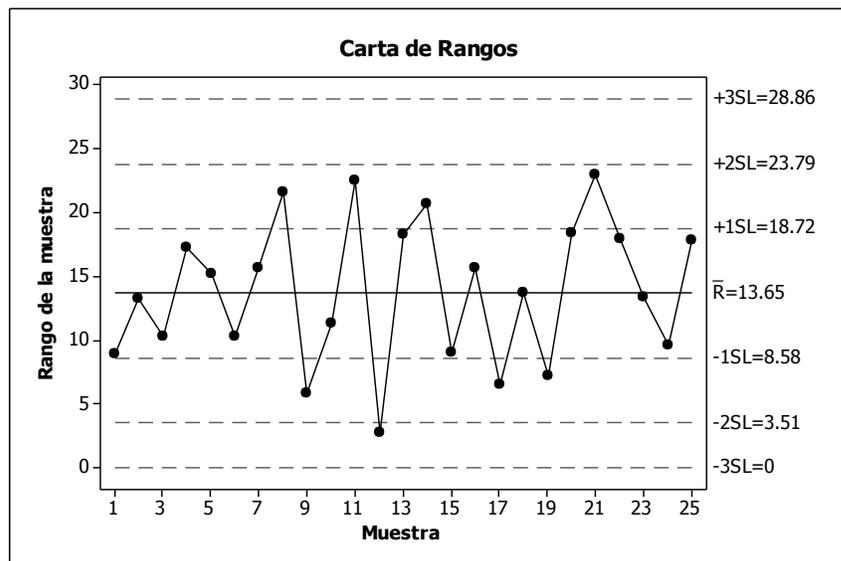


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 6: Cuatro de cinco puntos mayores a una desviación estándar desde la línea central. Puntos 9 al 13.
- Regla 5: dos de tres puntos mayores a 2 desviaciones estándar, desde la línea central (mismo lado). Puntos 15 y 16.

Figura 26. **Carta de control de rangos para muestreo No. 1**

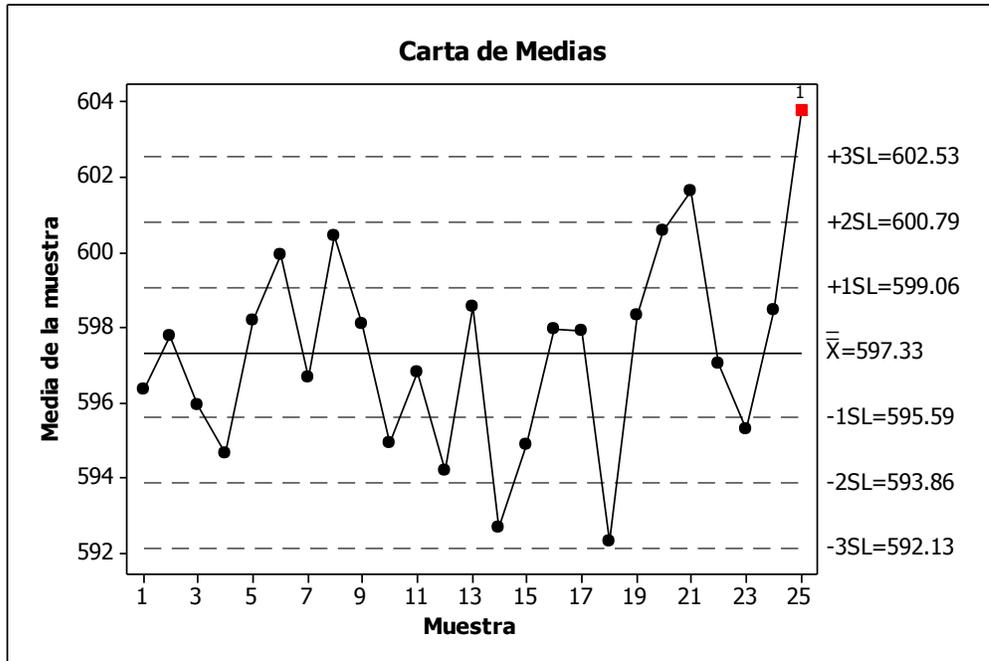


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- No se presentan ningún punto fuera de control.
- Muestreo No. 2  
Presentación de 600 ml

Figura 27. Carta de control de medias para muestreo No. 2

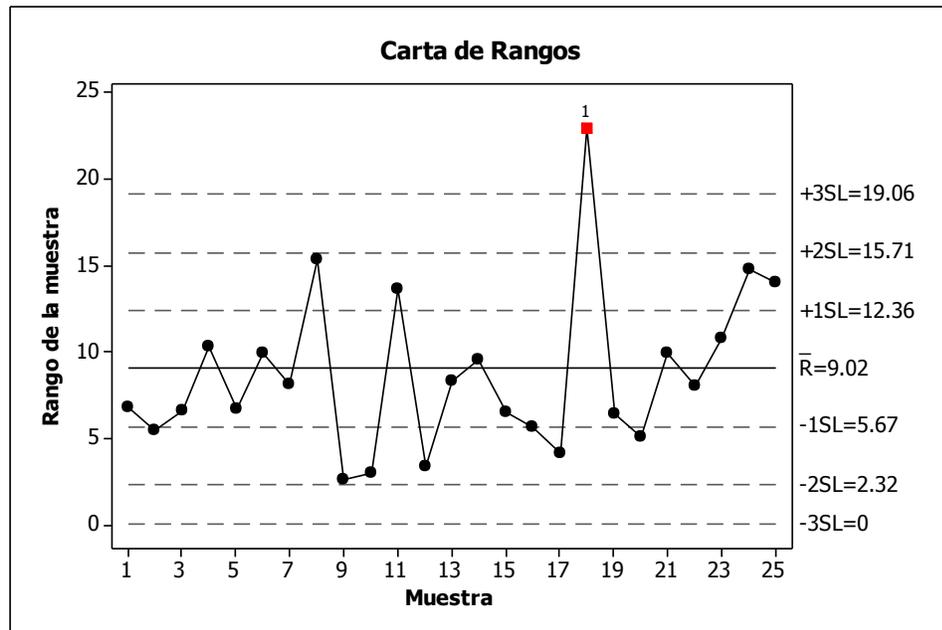


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 1: Un punto se localiza fuera de los límites de control tres sigmas. Punto 25.

Figura 28. Carta de control de rangos para muestreo No. 2

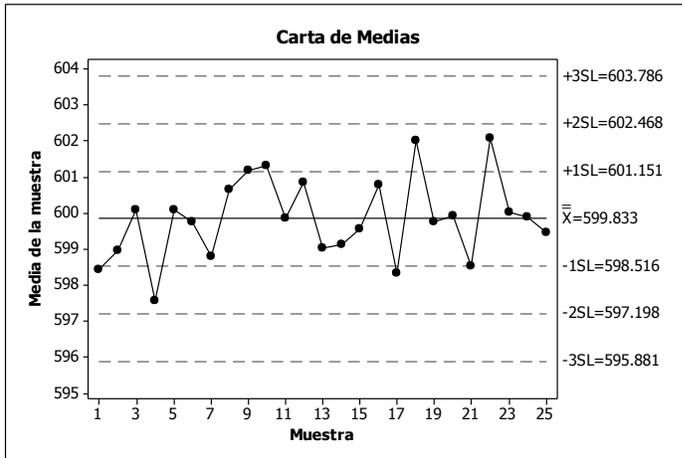


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 1: un punto mayor a 3 desviaciones estándar desde la línea central. Punto 18.
- Muestreo No. 3  
Presentación de 600 ml

Figura 29. **Carta de control de medias para muestreo No. 3**

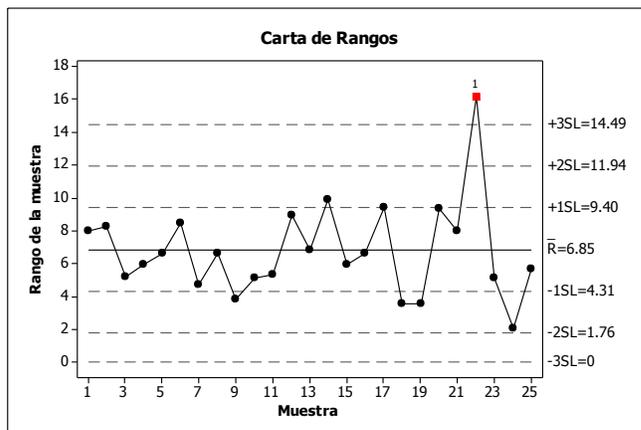


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- No se presenta ningún punto fuera de control.

Figura 30. **Carta de control de rangos para muestreo No. 3**

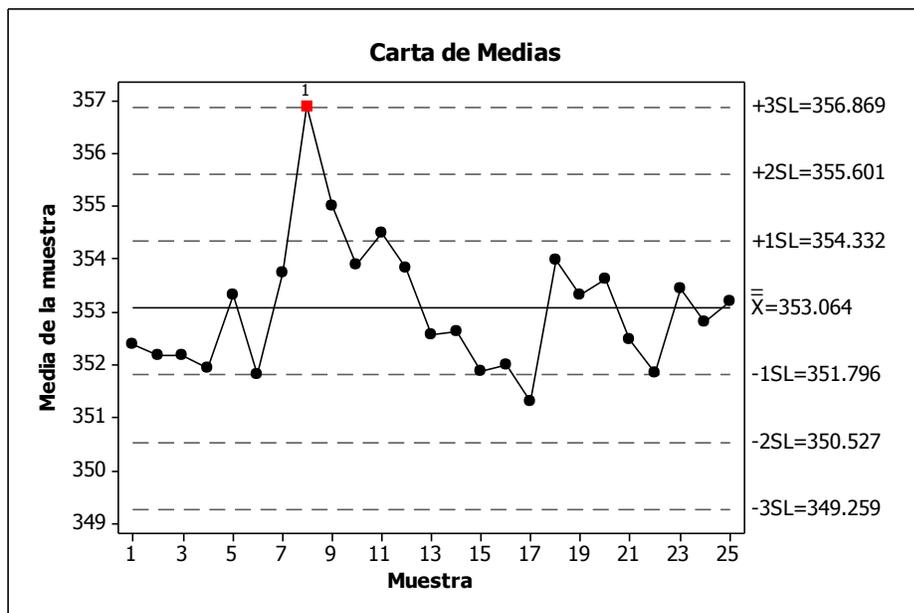


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 1: Un punto mayor a 3 desviaciones estándar desde la línea central. Punto 22.
- Muestreo No. 4  
Presentación de 354 ml

Figura 31. **Carta de control de medias para muestreo No. 4**

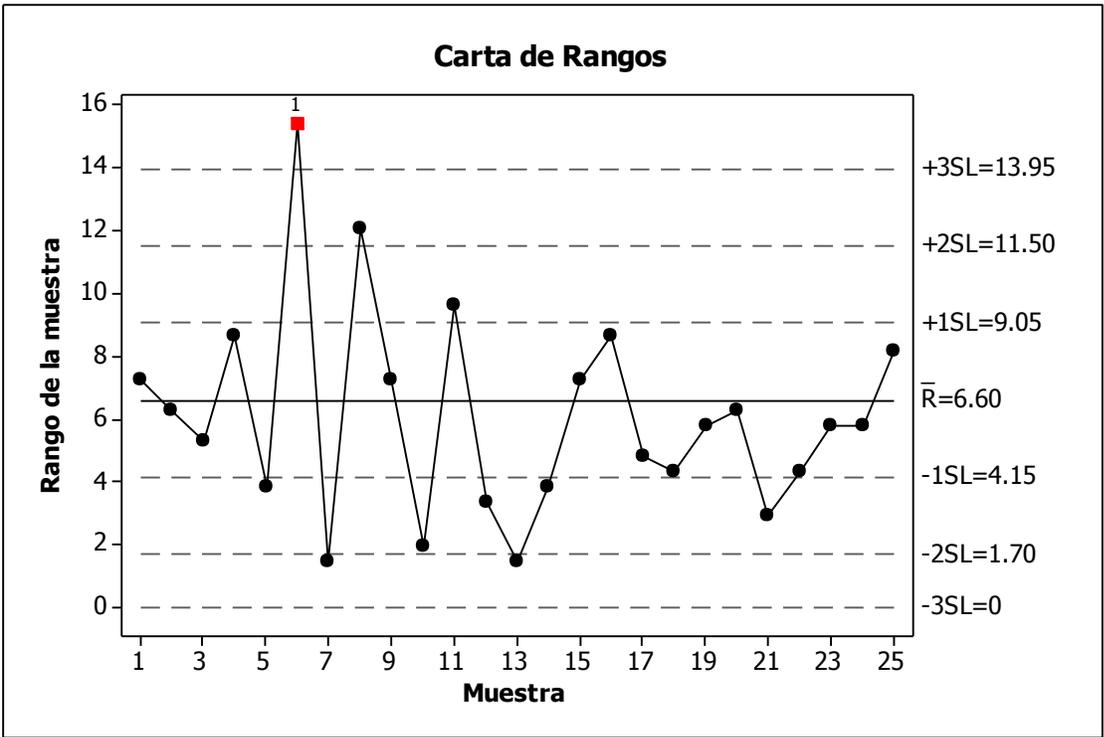


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 1: Un punto se localiza fuera de los límites de control tres sigmas. Punto 8.

Figura 32. Carta de control de rangos para muestreo No. 4



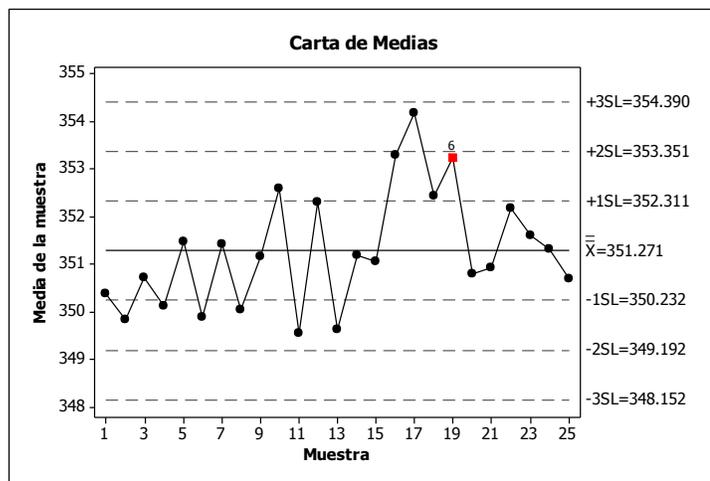
Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 1: Un punto mayor a 3 desviaciones estándar desde la línea central. Punto 6.

- Muestreo No. 5  
Presentación de 354 ml

Figura 33. **Carta de control de medias para muestreo No. 5**

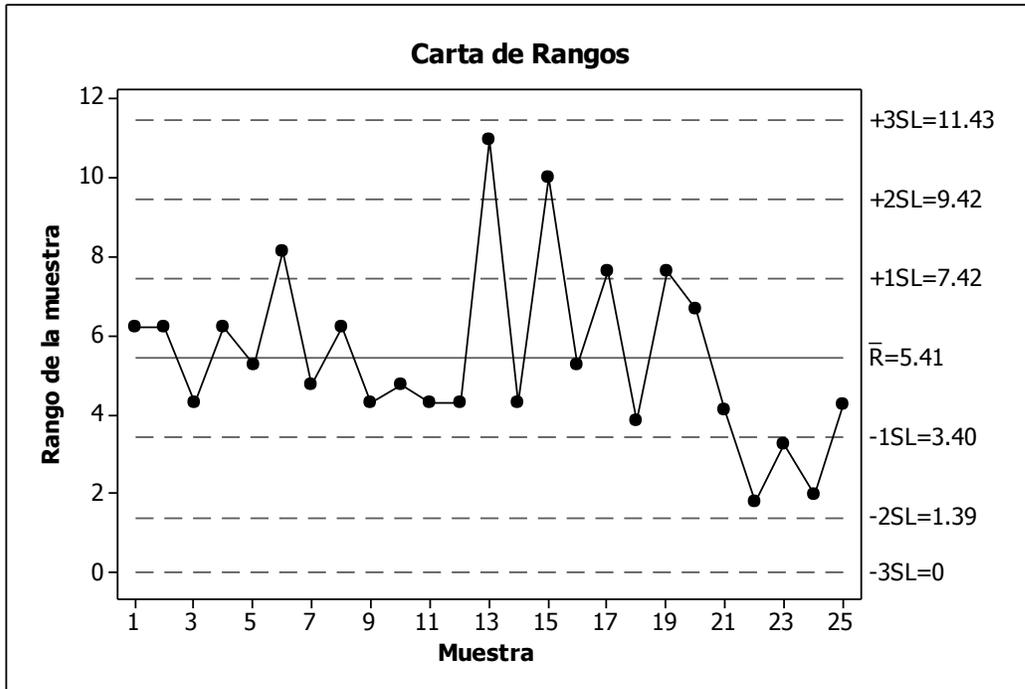


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 6: Cuatro de cinco puntos mayores de 1 desviación estándar desde la línea central (mismo lado). Puntos 16 a 19.

Figura 34. Carta de control de rangos para muestreo No. 5

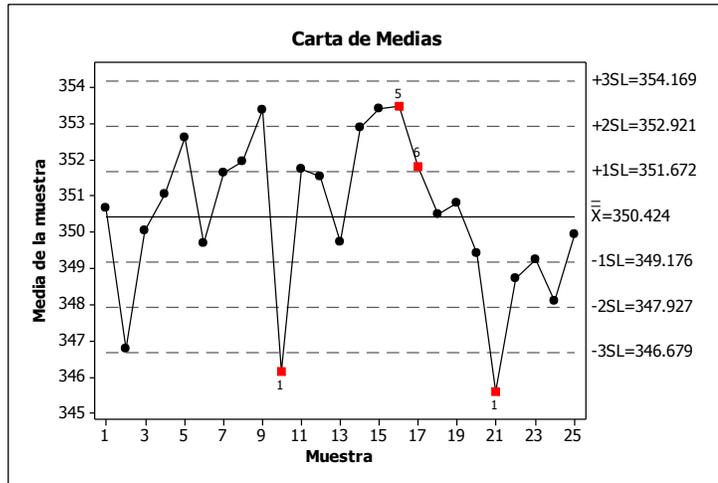


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Sin puntos fuera de control.
- Muestreo No. 6  
Presentación de 354 ml

Figura 35. Carta de control de medias para muestreo No. 6

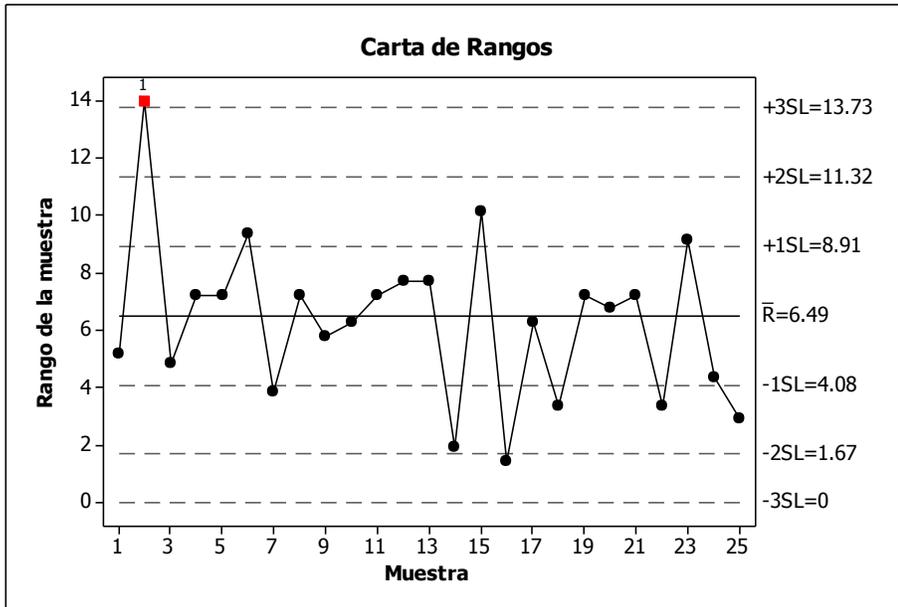


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 1: Un punto se localiza fuera de los límites de control tres sigmas. Puntos 10 y 21.
- Regla 5: Dos de tres puntos mayores de 2 desviaciones estándar, desde la línea central (mismo lado). Puntos 15 y 16
- Regla 6: Cuatro de cinco puntos mayores de 1 desviación estándar desde la línea central (mismo lado). Puntos 14 al 17.

Figura 36. Carta de control de rangos para muestreo No. 6

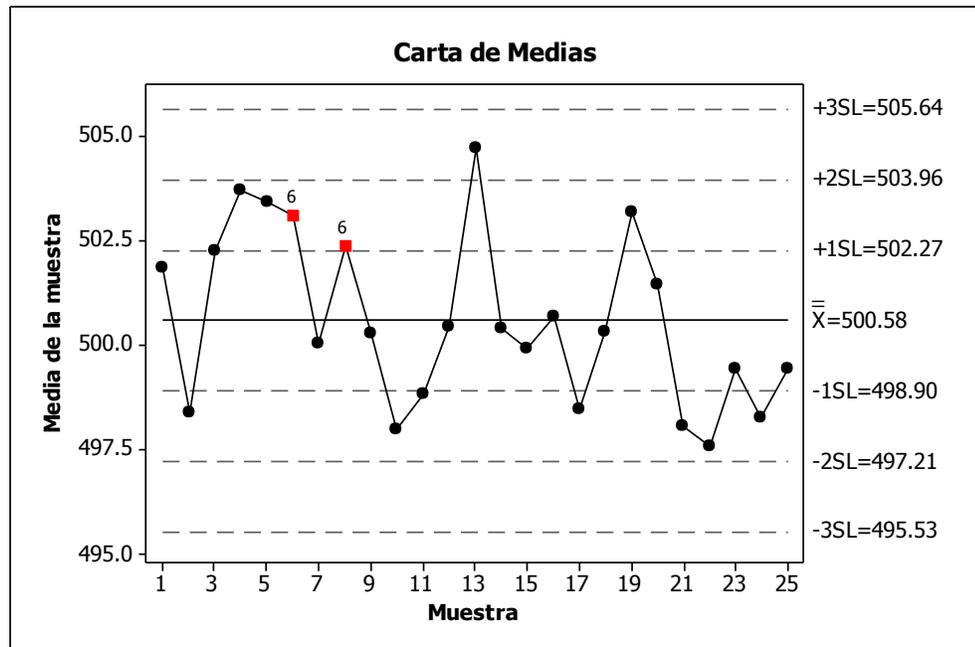


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 1: Un punto mayor a 3 desviaciones estándar desde la línea central. Punto 2.
- Muestreo No. 7  
Presentación de 500 ml

Figura 37. Carta de control de medias para muestreo No. 7

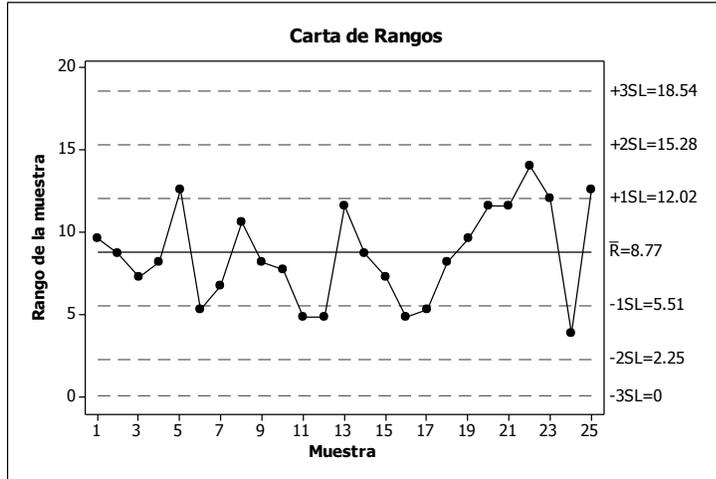


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 6: Cuatro de cinco puntos mayores de 1 desviación estándar desde la línea central (mismo lado). Puntos 4 al 8.

Figura 38. **Carta de control de rangos para muestreo No. 7**

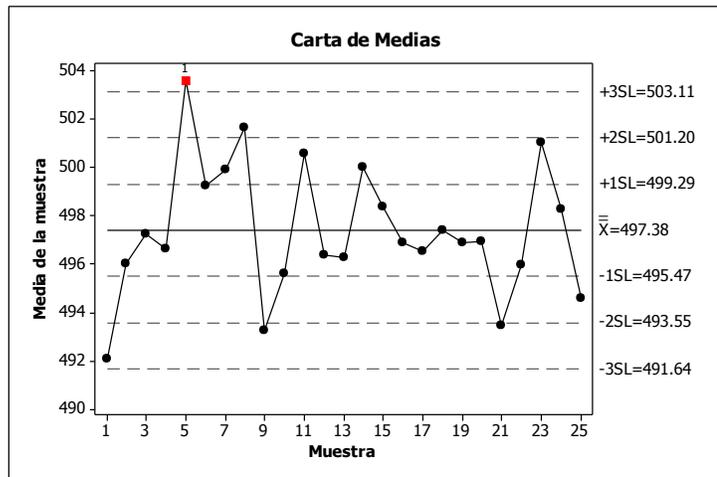


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Sin puntos fuera de control.
- Muestreo No. 8  
Presentación de 500 ml

Figura 39. Carta de control de medias para muestreo No. 8

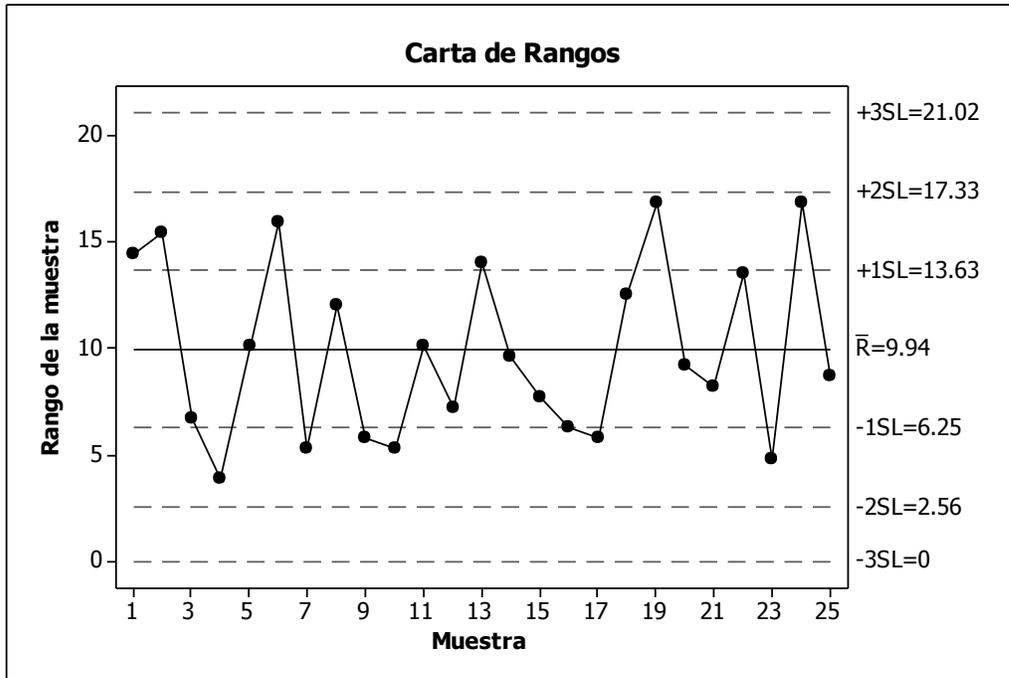


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 1: Un punto se localiza fuera de los límites de control tres sigmas. Punto 5.

Figura 40. Carta de control de rangos para muestreo No. 8

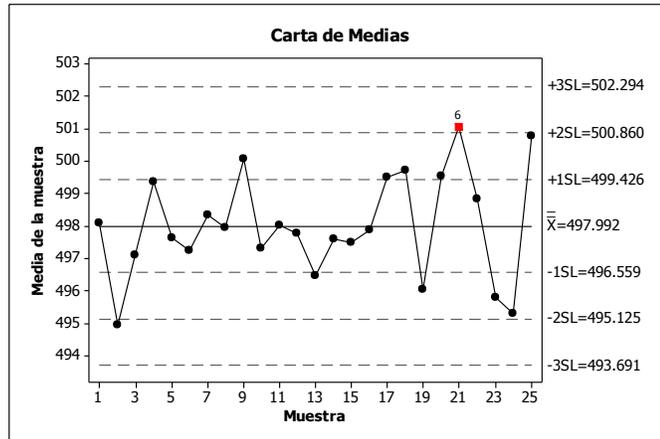


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Sin puntos fuera de control.
- Muestreo No. 9  
Presentación de 500 ml

Figura 41. **Carta de control de medias para muestreo No. 9**

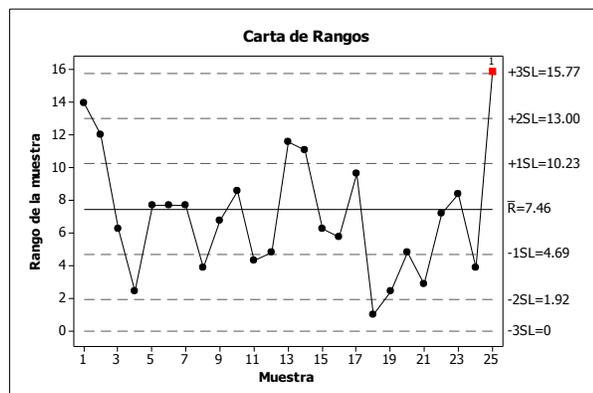


Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 6: cuatro de cinco puntos mayores de 1 desviación estándar desde la línea central (mismo lado). Puntos 17 al 21.

Figura 42. **Carta de control de rangos para muestreo No. 9**



Fuente: elaboración propia.

Análisis de gráfica:

- Regla 1: un punto mayor a 3 desviaciones estándar desde la línea central. Punto 25.

#### 4.1.3.5. Clasificación de defectos

Luego de recopilar todos los datos en la planta de producción, se obtuvo la información sobre los problemas que causan un mayor impacto en las desviaciones de los procesos. A continuación, se detalla un resumen de los datos obtenidos:

Tabla VI. Clasificación de fallas

Tipo de Falla		Cantidad	Totales	TOTAL, FALLAS
Espumeo	Alto	19	19	<b>47</b>
	Bajo	0		
Temperatura de llenado	Alta	4	7	
	Baja	3		
Presión de llenado	Alta	6	7	
	Baja	1		
Velocidad	Inestable	14	14	

Fuente: elaboración propia.

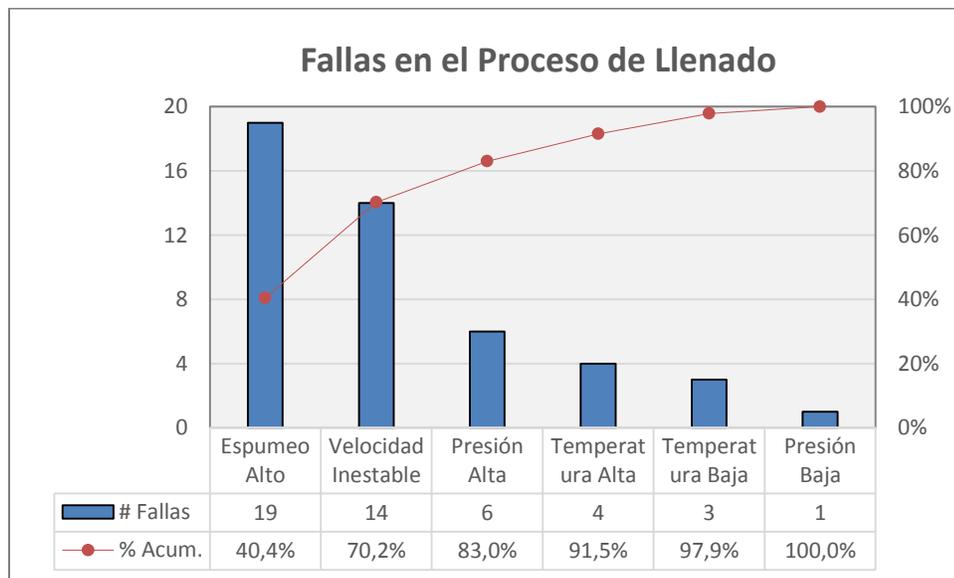
Los defectos totales observados durante los nueve muestreos, están detallados en la tabla VI. A partir de esta información recabada, se puede comenzar a construir datos concluyentes, que sean punto de partida para la

toma de decisiones para la mejora de los procesos desde el punto de vista del mantenimiento y la calidad.

#### 4.1.4. Depuración y Análisis de Datos

A través del Análisis de Pareto se priorizarán los problemas que tienen mayor impacto en el proceso de llenado, y se podrá visualizar a través del Diagrama de Pareto, el cual queda de la siguiente manera:

Figura 43. Pareto de fallas en proceso de llenado



Fuente: elaboración propia.

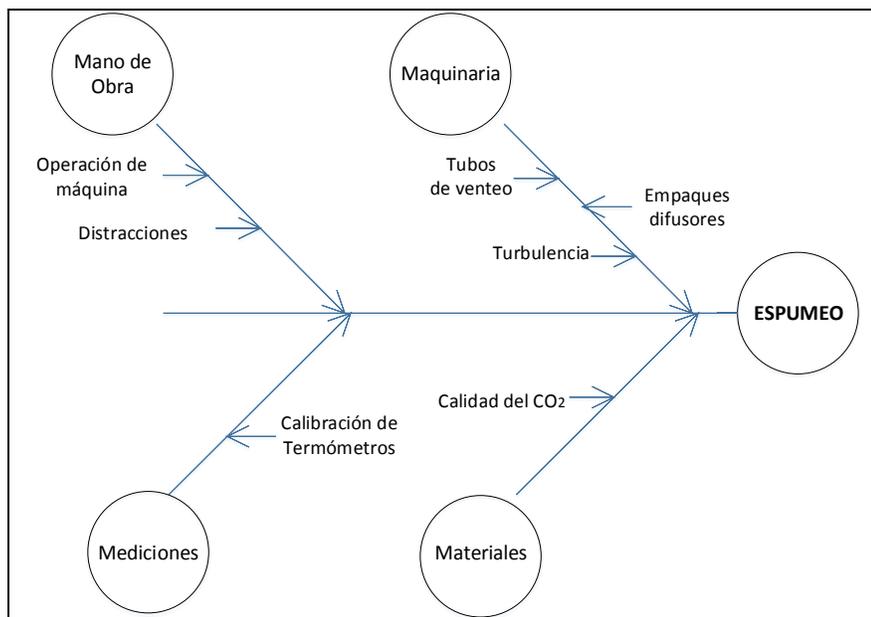
Algunas de las clasificaciones de las fallas pueden ser agrupadas, debido que se solucionan de la misma forma. Así que, los problemas de espumeo alto y espumeo bajo únicamente se contabilizarán como “Espumeo”. De la misma manera, las desviaciones de temperatura alta y temperatura baja, quedarán únicamente como “Temperatura de llenado”. Y por último la presión, que está

dividida en alta y baja, quedará como “Presión de llenado”. Esta clasificación se ha hecho para simplificar la elaboración de los Diagramas de Ishikawa para cada uno de los problemas expuestos.

El análisis de Pareto, nos indica que las 2 principales causas que tienen una mayor incidencia en el proceso, son las de “Espumeo Alto” y “Velocidad inestable”. Estas 2 causas, impactan en un 70,2 %. Si se toma el siguiente problema que es “presión alta”, se abarca un 83 % de las fallas.

Tomando en consideración esto, se analizará a través de Ishikawa los 3 problemas expuestos, es decir, el 50 % de las causas, quedando los diagramas de la siguiente manera:

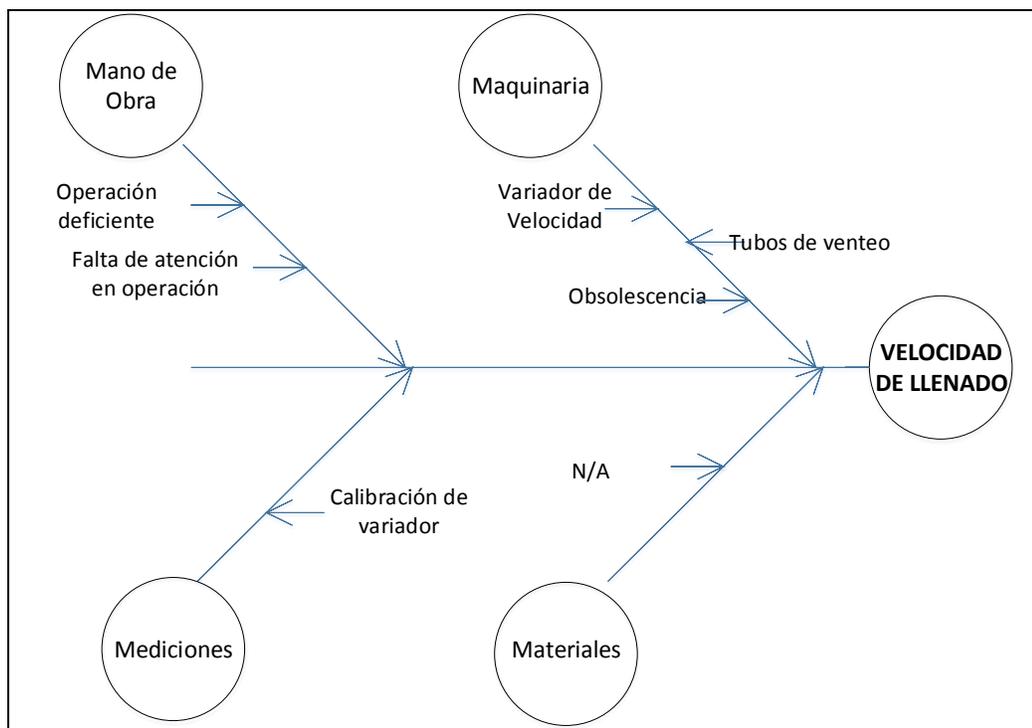
Figura 44. **Ishikawa de problema de espumeo**



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica 44, se analiza el problema de espumeo de bebida en el proceso de llenado. Este problema consiste en que, debido a que son bebidas carbonatadas, en el momento en que se introduce el producto en los envases, se genera espuma, por ende, el derrame de producto, y ello tiene como consecuencia que el contenido neto tienda a la baja. Este problema ha sido recurrente, y representa una gran oportunidad para los departamentos involucrados.

Figura 45. **Ishikawa de problema de velocidad de llenado**

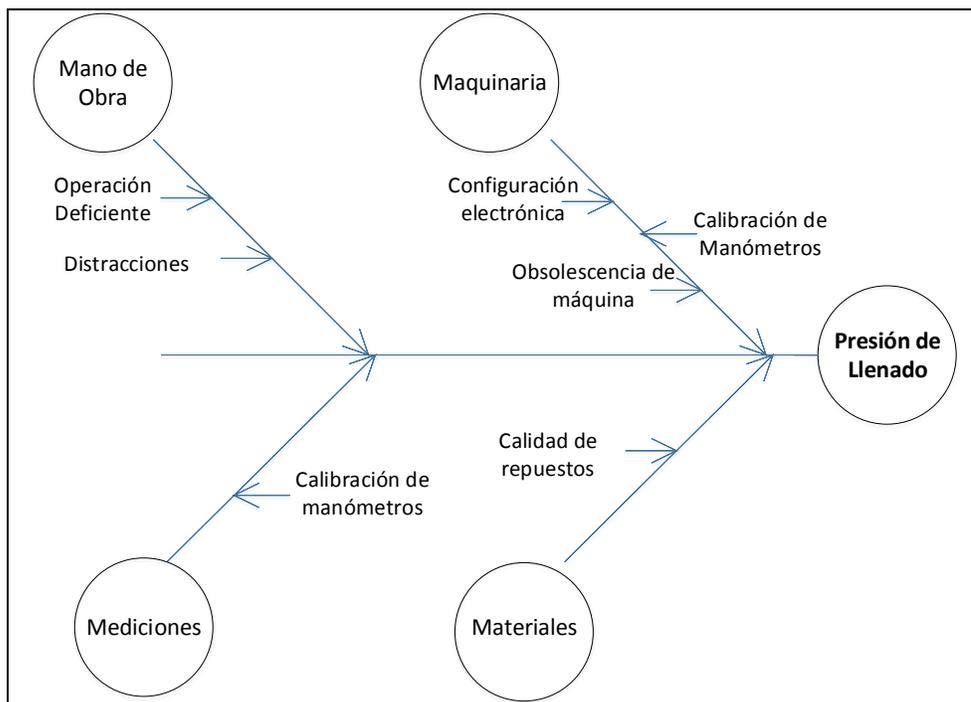


Fuente: elaboración propia.

El problema de velocidad de llenado, consiste en que, cuando el proceso está en ejecución, la velocidad debe ser lo más uniforme posible. Una velocidad inestable provoca turbulencia, y desafina el proceso. Esto genera que la

cantidad suministrada no sea adecuada. En algunas ocasiones, la velocidad inestable en el llenado también genera espuma, comportándose como un efecto en cadena.

Figura 46. **Ishikawa de problema de presión de llenado**



Fuente: elaboración propia.

La presión en el proceso de llenado, es una de las variables más relevantes. Es necesario implementar un estricto control de la presión durante las corridas de producción. Más adelante se detallará como se combatirá este problema en el programa de mantenimiento que se planteará.

#### **4.1.5. Construcción de Datos Históricos para Decisiones Futuras**

Así como en el presente trabajo se desarrolló el control estadístico de proceso, es necesario que los formatos propuestos, las tablas y las gráficas construidas, se sigan ejecutando periódicamente. Estos datos pueden ser archivados para futuras referencias, y a partir de ellos, evaluar cómo ha ido evolucionando el proceso a través del tiempo.

Cada vez que éste programa sea ejecutado, se debe concluir de la misma manera. Se deben tomar las decisiones necesarias y deben ser ejecutadas y supervisadas por los supervisores de los departamentos de Producción, Control de Calidad, y Mantenimiento. Es aquí, donde se tiene la oportunidad de generarle valor al proceso. Es importante el uso adecuado de los indicadores. El Cp, el Cpk, y las cartas de control, serán un punto de referencia para observar la evolución de los programas de mejora, y evaluar si están siendo efectivos.

Los gerentes de cada área deben estar directamente involucrados en este proceso, y estar en constante comunicación con sus supervisores, ya que ellos son los que están directamente en piso. Deben apoyar y suministrar los recursos necesarios para el desarrollo de los programas de control estadístico, así como plantear las soluciones a los problemas de llenado. Con estas acciones se pueden mejorar los indicadores globales de la Planta de Producción, y obtener mejores resultados al final de cada año.

## **4.2. Programa de Mantenimiento**

De los Diagramas de Ishikawa, se obtuvieron las causas de cada uno de los principales problemas. A partir de ellos se puede generar un programa de trabajo. En este caso, se generará una propuesta para un programa de Mantenimiento Industrial. Este formará parte del programa ya existente implementado en todo el sistema. Esta propuesta se puede incluir al presupuesto y programación del Departamento.

### **4.2.1. Identificación de fallas mecánicas**

En la identificación de fallas, existen algunas que son del tipo operativo, es decir que están directamente relacionadas a las operaciones ejecutadas por los operadores. Estas fallas se solucionan por medio de capacitación y adiestramiento, así como una adecuada supervisión en los diferentes turnos. Estas soluciones deben estar contempladas en los programas de mejora del Departamento de Mantenimiento. Por otra parte, existen fallas que están directamente relacionadas con el área mecánica, y que tiene que ver con el desempeño de la maquinaria. Estas fallas de lubricación, calibración, calidad de repuestos entre otros, son fallas del tipo mecánico que están directamente en las manos del Departamento de Mantenimiento. Las principales fallas detectadas, en el proceso de llenado de esta índole tenemos:

- Espumeo en proceso de llenado
- Velocidad de llenado
- Presión de llenado

#### 4.2.2. Propuesta de Mantenimiento para Máquina de Llenado

Luego de la identificación de las variables que afectan en el ámbito de mantenimiento, se planteará una propuesta para el mantenimiento de la máquina de llenado. Este programa consistirá en una serie de acciones correctivas, que involucran al personal del Departamento de Mantenimiento Industrial. Para cada problema se generará un cuadro con las medidas a tomar. Estas acciones, deben pasar a formar parte del Plan Maestro de Mantenimiento, y deben ser ejecutadas cuando el Jefe del Departamento así lo considere. A continuación, se detalla el plan de mantenimiento:

Tabla VII. Plan de mantenimiento para problema de espumeo

Problema	Causa	Solución	Responsable	Tiempo Estimado
Espumeo	Empaques Difusores	Revisión de Empaques, reemplazar los que se encuentren en mal estado.	Supervisor de Mantenimiento Industrial	5 días
	Tubos de Venteo	Medición de tamaño de tubos, revisar que sean homogéneos y del mismo tamaño.	Supervisor de Mantenimiento Industrial	7 días
	Turbulencias	Revisión interna de estructura interna de máquina de llenado.	Jefe y Supervisor de Mantenimiento Industrial	15 días
	Calibración de medidores de temperatura	Programar y ejecutar calibración de los medidores en planta.	Supervisor de Metrología	20 días
	Calidad de CO2	Revisar estándares de calidad de CO2 con proveedor	Supervisor de Mantenimiento Industrial	5 días

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Plan de mantenimiento para problema de velocidad de llenado**

Problema	Causa	Solución	Responsable	Tiempo Estimado
Velocidad de Llenado	Variador de Velocidad	Revisión y pruebas con variador de velocidad	Supervisor de Mantenimiento Industrial	6 días
	Obsolescencia de maquinaria	Busqueda de nueva tecnología con proveedores de servicios	Jefe y Supervisor de Mantenimiento Industrial	20 días
	Calibración de variador de velocidad	Establecer con mecánicos, un plan de supervisión continua de estado de variador durante el turno	Supervisor de Mantenimiento Industrial	5 días

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Plan de mantenimiento para problema de presión de llenado**

Problema	Causa	Solución	Responsable	Tiempo Estimado
Presión de Llenado	Medidores de Presión	Programar y ejecutar calibración de medidores de presión en planta.	Supervisor de Metrología	20 días
	Configuración electrónica	Revisión de funcionamiento de circuitos electrónicos.	Supervisor de Mantenimiento Industrial / Eléctrico	4 días
	Obsolescencia de maquinaria	Busqueda de nueva tecnología con proveedores de servicios	Jefe y Supervisor de Mantenimiento Industrial	20 días
	Supervisión de medidores de presión.	Establecer un sistema de supervisión continua de lecturas periódicas en medidores de presión en el proceso de llenado.	Supervisor de Mantenimiento Industrial	6 días
	Calidad de repuestos y accesorios.	Revisión con proveedores la calidad de los repuestos de maquinaria adquiridos y por adquirir.	Jefe y Supervisor de Mantenimiento Industrial	30 días

Fuente: elaboración propia.

## **5. SEGUIMIENTO**

Cuando se ejecuta un proyecto de mejora continua, una de las etapas más importantes de este, es la interpretación y el uso que se le den a los resultados obtenidos. De esto depende qué tan acertadas serán las soluciones a tomar. Es tarea de la gerencia y supervisión de cada departamento, la interpretación de los datos, ya que, gran parte del éxito está en esta parte.

Se debe de incluir dentro de la planificación, la evaluación del desempeño del proceso, desde que inicie el control estadístico. A través de la evaluación de los indicadores obtenidos, se podrá medir que tan efectivas están siendo las decisiones tomadas. Los indicadores, deben ser medidos periódicamente y monitorear su evolución. Una correcta interpretación y análisis podrán detectar las necesidades de mejoras en el programa como tal.

### **5.1. Resultados**

Después de ejecutar el control estadístico de procesos, es importante mostrar los resultados obtenidos de forma resumida. A continuación se muestran los datos globales obtenidos, los cuales pueden ser presentados a la gerencia. Para cada una de las presentaciones muestreadas, se presenta un resumen del comportamiento específico del proceso con cada una de ellas.

Tabla X. **Resultados para Presentaciones de 600 ml**

<b>PRESENTACIONES DE 600 ml</b>		
Variable	Valor Obtenido	Valor Objetivo
Promedio	596,60	600
Desviación Estándar	5,67	3,75
$C_p$	0,88	1,33
$C_{pk}$	0,68	1,33
Estado del proceso	Inestable, Incapaz	Estable, Capaz

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Resultados para Presentaciones de 600 ml**

<b>PRESENTACIONES DE 354 ml</b>		
Variable	Valor Obtenido	Valor Objetivo
Promedio	351,59	354
Desviación Estándar	3,06	2,22
$C_p$	0,96	1,33
$C_{pk}$	0,70	1,33
Estado del proceso	Inestable, Incapaz	Estable, Capaz

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Resultados para Presentaciones de 500 ml**

<b>PRESENTACIONES DE 500 ml</b>		
Variable	Valor Obtenido	Valor Objetivo
Promedio	498,65	500
Desviación Estándar	4,23	3,13
$C_p$	0,99	1,33
$C_{pk}$	0,88	1,33
Estado del proceso	Inestable, Incapaz	Estable, Capaz

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.1. Interpretación

Para cada una de las presentaciones analizadas, se obtuvieron los resultados más relevantes. El primer valor analizado es el promedio muestral, este es obtenido del universo de los 3 grupos de datos obtenidos para cada presentación. Luego se presenta la desviación estándar. A continuación se visualizan los índices de capacidad de procesos, que están representados por el  $C_p$  y  $C_{pk}$ , que miden la capacidad potencial y la capacidad real para cada una de las presentaciones. Finalmente, se indica si el proceso es estable estadísticamente y si es capaz de cumplir con las especificaciones.

Para cada variable que se analiza, existe un valor real obtenido de los datos muestreados, y un valor objetivo, o meta. Con cada pareja de datos se puede evaluar la situación actual en la que se encuentra el proceso, y la situación a la que se desea llegar para que el proceso sea catalogado como “Adecuado” y “Estadísticamente estable”. Un proceso inestable nos indica que

su comportamiento durante una corrida de producción es impredecible. Esta conclusión se obtiene de las cartas de control.

Por otro lado, un proceso que es declarado como “Incapaz”, establece que no está cumpliendo con las especificaciones establecidas y ofrecidas. Esta conclusión se obtiene de los índices de capacidad de procesos, a través del valor de cada uno de ellos. Estos indicadores ayudarán a evaluar el desempeño del proceso y evaluar su comportamiento.

### **5.1.2. Alcance**

Al obtener los resultados sobre la ejecución del control estadístico de procesos, son muchas las áreas que se deben involucrar gradualmente, a parte de las mencionadas ya que son el departamento de Producción, departamento de Mantenimiento Industrial y Control de Calidad.

El Departamento de Compras, conjuntamente con el departamento de Mantenimiento Industrial, debe evaluar a los proveedores que se tienen actualmente. Una de las oportunidades de mejora que surgieron de las evaluaciones, es el mejoramiento de algunos repuestos y accesorios en la maquinaria. Es por ello que este departamento debe participar activamente en la elaboración de presupuestos y evaluación de cotizaciones.

El área de Metrología, es otra área que debe formar parte activa de las evaluaciones que se hagan periódicamente. La calibración de los instrumentos de medición en los diferentes procesos, es un aspecto importante que no se debe descuidar por ningún motivo. Ésta área debe involucrarse en la elaboración de la programación de mantenimiento, ya que, para la calibración de instrumentos, muchas veces se requiere que las líneas estén inactivas. Para

algunas actividades de mantenimiento, las líneas son programadas para suspender la producción, es aquí donde se le debe dar máximo provecho a este tiempo para ejecutar el máximo de tareas posibles.

### 5.1.3. Áreas de Oportunidad

Al hacer las evaluaciones finales, se ha determinado que los procesos aún tienen muchas oportunidades de mejora. Los indicadores muestran que existe una brecha entre los valores actuales y las metas que se desean obtener. De esta forma, se tiene que:

- Al evaluar los promedios obtenidos para cada una de las presentaciones, se observa que los promedios tienden a la baja. Esta tendencia, da la oportunidad a realizar una evaluación en la forma de poder suministrar algunos mililitros más a cada envase.
- La desviación típica, está por encima del valor necesario para alcanzar el valor de índices de capacidad adecuados. Esta desviación nos indica que los datos de contenido neto, son muy dispersos. La desviación para cada desviación debe ser disminuida, es decir, los datos de salida deben de tener una desviación menor. Específicamente de 3,75 para las presentaciones de 600 ml, 2,22 para las presentaciones de 354 ml, y 3,13 para las de 500 ml.
- Para que un proceso sea catalogado como “adecuado”, los índices de capacidad potencial y capacidad real deben ser de 1,33. Valores menores a este, indican que el proceso requiere modificaciones. Si miramos los índices  $C_p$  con valores de 0.88, 0.96, y 0.99 podemos ver que la capacidad potencial tiene que ser mejorada. Si nos fijamos en la capacidad real a través del índice de capacidad  $C_{pk}$ , de 0,68, 0,70, y 0,88

para cada una de las presentaciones, vemos que el centrado del proceso también tiene una gran oportunidad de mejora.

- El proceso actualmente se encuentra en un estado de inestabilidad e incapacidad. La inestabilidad lo vuelve impredecible, y esto se puede ver con los patrones no aleatorios de variación en las cartas de control.

## **5.2. Evaluaciones periódicas**

Para garantizar una mejor calidad al seguimiento a la ejecución del proyecto de control estadístico, se debe desarrollar periódicamente, y debe ser evaluado el desempeño durante estas evaluaciones. Anteriormente, en la propuesta de mantenimiento para la máquina de llenado, se establecieron algunos tiempos de ejecución para acciones correctivas. Sin embargo, estas acciones son el inicio de la mejora del proceso. Se puede decir, que el proceso requiere algunas mejoras profundas, que se pueden mejorar cada vez que se ejecute el control estadístico.

### **5.2.1. Evaluaciones Mensuales**

Las evaluaciones a corto plazo servirán para determinar si las acciones planeadas si comienzan a dar los resultados esperados. Algunas de las acciones que se deben tomar se detallan a continuación:

- Estado de los empaques difusores en los procesos de llenado.
- Inspección del estado de los tubos de venteo.
- Evaluaciones parciales de estabilidad y capacidad de los procesos, a través de las cartas de control y los índices Cp y Cpk.
- Se debe evaluar el comportamiento de la presión y temperatura de llenado durante las corridas ejecutadas durante el mes.

- Durante cada suministro por parte del proveedor, que se hace aproximadamente 2 veces al mes, se debe evaluar la calidad del CO<sub>2</sub>, en la recepción y velar que cumpla con los lineamientos establecidos, para que cuando sea introducido al proceso no produzca anomalías en el llenado.
- Ejecutar como mínimo una reunión mensual, en la cual se evalúen los avances obtenidos en las acciones correctivas.

### **5.2.2. Evaluaciones Semestrales**

Éstas medidas a mediano plazo, son todas aquellas que requieren una inspección más profunda y contundente de los avances. Entre las acciones propuestas están:

- Calibración de aparatos de medición de presión y temperatura.
- Medición y revisión de los tubos de venteo. Se debe verificar que no hayan sufrido desgaste alguno que pueda estar provocando desviaciones en el contenido neto.
- Verificar el ajuste de velocidades de la máquina de llenado, y de existir alguna anomalía, estas deben ser calibradas y ajustadas al ritmo establecido para cada presentación.
- Evaluar los índices de capacidad de proceso y las cartas de control. Un análisis acumulado semestral dará una idea más exacta de cómo va evolucionando el proceso.
- Generar planes de acciones correctivas que potencien las planteadas inicialmente. Cada plan debe contemplar acciones más profundas, que proporcionen mejores resultados.
- Realizar una reunión interdepartamental donde se evalúen los resultados obtenidos, y se generen lluvias de ideas para atacar los problemas de

raíz. Para esto se pueden usar las herramientas de estratificación, Pareto e Ishikawa.

### **5.2.3. Evaluaciones Anuales**

En estas evaluaciones, se evaluará a cada departamento involucrado, y se medirá el desempeño global anual del comportamiento del proceso de llenado. Las acciones específicas propuestas son:

- Evaluación del comportamiento estadístico del proceso. El proceso debe comportarse aleatoriamente en el tiempo y no presentar causas asignables de variación. Se deben tomar las cartas de control que sean representativas, y buscar las causas que pudieron causar variaciones en los procesos.
- Evaluación del Cp y Cpk acumulado del año. A partir de estos valores, se determinará qué tan adecuado es el proceso para cumplir las especificaciones. Se podrá determinar si requiere más modificaciones, o si realmente necesita cambios de fondo.
- Evaluar las fallas registradas en los monitoreos en los procesos, y hacer un acumulado anual de aquellas causas que estén provocando desviaciones. A partir de éste análisis se generarán planes de mejora para el siguiente período.
- Evaluar los resultados de la metrología y su impacto en los procesos de llenado. Esta evaluación se da mensualmente a nivel del Departamento de Mantenimiento Industrial, pero anualmente se pueden presentar a nivel general para evaluar los resultados.
- Desarrollar, al menos, un mantenimiento mayor a la máquina de llenado. En el cual se revisen válvulas en general, se ajusten velocidades, se cambien tubos de venteo y se haga una limpieza interna.

### **5.3. Ventajas**

Establecer un programa de control estadístico de procesos, es una ardua tarea para las empresas. Se requiere de mucha disciplina y organización implementar un programa que traerá resultados no inmediatos. De la misma forma, todo el personal involucrado, debe participar activamente de las juntas, capacitaciones, trabajos en planta, y todas aquellas actividades que estén programadas como parte del programa.

Para la empresa, traerá muchos beneficios, tanto internos como externos. Ofrecer a los consumidores productos de calidad, es una ventaja competitiva que debe conservarse en el normal operar de la organización. Ser competitivo en costos, calidad, servicios, mantenimiento, producción y ventas, incrementará las utilidades de la empresa. Son muchos los ámbitos que abarca un programa de esta naturaleza, sin embargo, dado el enfoque del presente trabajo se expondrán los de mayor relevancia.

#### **5.3.1. Desempeño de Maquinaria**

En varias ocasiones, el plan de mantenimiento en las organizaciones no es adecuado a las necesidades de la maquinaria. Muchas veces se actúa cuando el problema ya es latente y no es posible seguir produciendo. Lo que propone el programa de control estadístico de procesos, es ejecutar revisiones rutinarias que permitan mantener bajo control las diferentes variables que influyen en el proceso. De existir algún parámetro anormal, se deberán realizar las revisiones pertinentes de acuerdo al caso.

De los resultados obtenidos mensual, semestral, y anualmente, se obtendrán una serie de desviaciones en los procesos, que muchas veces,

pueden estar enraizado en problemas mecánicos. De acuerdo a esta información, se pueden tomar decisiones de mejora, que elevarán el nivel de operación de la maquinaria existente en planta.

### **5.3.2. Cumplimiento e Especificaciones**

Las especificaciones del fabricante, constituyen aspecto importante en la calidad de los productos. En estas se basa la fórmula de cálculo de los índices de capacidad  $C_p$  y  $C_{pk}$ . El objetivo es que todos los datos de contenido neto para las bebidas, oscilen alrededor de la especificación central para cada presentación, y al mismo tiempo se encuentren lo más alejadas posible de los límites superior e inferior de especificación. El comportamiento de la media de los datos, a través de los subgrupos, se hace por medio de las cartas de control. El control estadístico de procesos, cobra vital importancia en este punto, ya que su objetivo principal es asegurar que las especificaciones se cumplan durante las corridas del proceso.

Todo esto trae como beneficios, tanto el cumplimiento, como la satisfacción de las partes interesadas. Entiéndase por este punto, gerentes, supervisores, operadores; y la parte principal, que es el consumidor final.

### **5.3.3. Satisfacción al cliente**

Uno de los objetivos principales de cada empresa, es agradar a sus consumidores. Tener clientes satisfechos, asegurará la prolongación del ciclo de compra de los productos. Auditar los procesos e implementar programas de mejora continua, ayudarán a potenciar que estos generen productos aptos para las exigencias del mercado. La competencia, al día de hoy, se ha incrementado

considerablemente, y el productor que posea mayores y mejores competencias, es el que sobrevivirá.

El programa de control estadístico, afinará los procesos progresivamente, y mejorará los resultados en el corto y mediano plazo. Esto ayudará a que las bebidas producidas, tengan un contenido neto más exacto y estable en las corridas de producción. Si el contenido neto, tiende a la baja o la alta, será visible en los envases que han sido llenados. Cuando el producto esté colocado en las góndolas de los supermercados, generará un aspecto visual negativo y por ende, puede provocar insatisfacción en los clientes, desembocando en quejas o, en situaciones más graves, demandas. Esto debe ser evitado a toda costa por parte de la administración, y la mejor manera para luchar contra este efecto, es que todos los niveles de la organización, estén involucrados en la implementación de los diferentes programas que promueven una mejor calidad para la empresa.



## CONCLUSIONES

1. El control estadístico de procesos, es un conjunto de herramientas que permiten evaluar el estado actual de una línea de producción, y determinar si esta es adecuada para generar productos que cubran las necesidades de los consumidores.
2. La teoría sobre control estadístico de procesos, permite construir una base sobre la cual, se asimilarán los conceptos fundamentales para determinar si un proceso es estadísticamente estable, y capaz de cumplir con los requerimientos del mercado y el fabricante.
3. La metodología de control y monitoreo de las variables de calidad ejecutada actualmente, no permite visualizar si los procesos están controlados, por lo que dificulta la obtención de información para la toma de decisiones e implementación de proyectos que generen valor a las operaciones.
4. La evaluación de estabilidad estadística de un proceso, nos indica si es predecible a través del tiempo; tener un proceso estable, ayudará a la toma de decisiones, de lo contrario nos enfrentaremos a un proceso que es impredecible y que puede potenciar la aparición de problemas y fallas que impactarán directamente en los resultados finales.
5. Una unidad de producción, posee ciertas características que los distinguen en el mercado. Una de ellas es la característica de calidad de contenido neto. Este debe encontrarse dentro de las especificaciones

establecidas para cada presentación, de lo contrario nos encontramos con un defecto o no conformidad de producto.

6. Con el uso de las herramientas de calidad, se pueden encontrar aquellos problemas que impactan significativamente al proceso, y que tienen sus raíces en causas mecánicas. A través de esto se pueden generar planes de acción y propuestas de mantenimiento para fortalecer la gestión del departamento.
7. La implementación de un procedimiento sistematizado, permitirá obtener mejores resultados acerca del comportamiento del proceso y su capacidad con el cumplimiento de especificaciones. Además, ayudará a tomar mejores decisiones a través de un adecuado control.
8. Un programa de mejora continua basado en la sistematización de procedimientos y procesos, ayudará a dar seguimiento en el mediano y largo plazo a los resultados obtenidos ya que, analizando y comparando los datos obtenidos, se puede evaluar la evolución de las mejoras propuestas.

## RECOMENDACIONES

1. Se debe capacitar al personal sobre la importancia del control estadístico de procesos, y otorgarle las herramientas necesarias para velar por el cuidado de los productos.
2. Es importante poner énfasis en el planteamiento y ejecución del programa de control estadístico de procesos, y garantizar que el procedimiento ejecutado, garantice que los resultados obtenidos sean adecuados para diagnosticar, de manera precisa, el estado actual de los procesos de llenado.
3. Dado que el proceso es inestable, la gerencia debe evaluar alternativas que mejoren el comportamiento de los resultados. Deben involucrarse los departamentos, y enlazar su experiencia para buscar soluciones que generen resultados positivos y contundentes en las operaciones.
4. El proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones ofrecidas al mercado, por esta razón, es necesario realizar modificaciones profundas que potencien el mejor funcionamiento de las líneas de producción. El proceso debe ser evaluado para disminuir su desviación estándar y dispersión.
5. Se debe implementar un procedimiento para el estricto control con las variables asociadas al proceso, e incentivar al personal para que se involucre y vele porque estas no salgan de control; de la misma manera, se les deben brindar las herramientas necesarias para monitorearlas.

6. Las decisiones que se tomen en base a los resultados obtenidos del control estadístico de procesos, deben ser pensadas en función de la mejora en los índices de capacidad. Las jefaturas deben enfocarse en mejorar los índices para alcanzar las metas trazadas en cuanto a cumplimiento de especificaciones.
7. Es importante reforzar el trabajo en equipo, y la integración de personal. Se debe incluir en la agenda de trabajo la capacitación de personal administrativo en temas de comunicación, liderazgo y participación; para potenciar las capacidades de los equipos interdisciplinarios.
8. Se debe dar seguimiento, en el mediano y largo plazo a las acciones correctivas de producción y mantenimiento planteadas en el momento de la detección de fallas en los procesos. Los resultados no serán significativos en el corto plazo, pues es un proceso que requiere tiempo y dedicación para tener mejoras palpables.
9. El programa de mantenimiento, debe estar enfocado en acciones preventivas antes que correctivas. Se debe evitar llegar a las fallas para tomar medidas; se puede implementar un sistema de chequeo periódico, a través de hojas de verificación diaria del funcionamiento de la maquinaria, así como temas de lubricación y cambio de accesorios dañados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ACUÑA ACUÑA, Jorge. *Control de Calidad: un enfoque integral y estadístico*. 3a ed. Costa Rica: Universidad Tecnológica de Costa Rica. 2002. 682 p. ISBN: 9977681286.
2. CHÁVEZ MORALES, Eddy Jonathan Axel. *Desarrollo de un programa para el mantenimiento preventivo por sistemas en el proceso de embotellado, introduciendo control estadístico (SPC): Embotelladora de Los Altos, Quetzaltenango*. Trabajo de Graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería 1997. 73 p.
3. GARCIA GARRIDO, Santiago. *Ingeniería de Mantenimiento: Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial*. España: [en línea] </http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf> [Consulta: 7 de marzo de 2016].
4. GUTIERREZ PULIDO, Humberto. *Calidad Total y Productividad*. 3a ed. México: McGraw-Hill/Interamericana. 2010 Mx. 736 p. ISBN: 978-607-15-0315-2.
5. GUTIERREZ PULIDO, Humberto y DE LA VARA SALAZAR, Román. *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. 3a ed. México: McGraw-Hill/Interamericana. 2013. 468 p. ISBN: 9786071509291.

6. HEIZER, Jay y RENDER, Barry. *Dirección de la Producción: Decisiones Estratégicas*. 6a ed. España: Prentice Hall. 2001. 488 p. ISBN: 84-205-2924-9.
7. MONTGOMERY, Douglas. *Control estadístico de la calidad*. 3a ed. México: Limusa. 2004. 797 p. ISBN: 9789681862343.
8. MUÑOZ ABELLA, Belén. *Mantenimiento Industrial*. Universidad Carlos III de Madrid. Área de Ingeniería Mecánica. España. [en línea] </http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf> [Consulta: 20 de febrero de 2016].
9. NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Duodécima edición. México: McGraw-Hill. 2009. 546 p. ISBN 978-970-10-6962-2.
10. ORELLANA LÓPEZ, Erick Estuardo. *Desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo para una línea de embotellado*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 1992. 85 p.
11. REYES ARCE, Lilia Ester. *Análisis del departamento de toallas en una industria de textiles, a través del control estadístico del proceso*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2009. 169 p.

## ANEXOS

Anexo 1. Factores para la construcción de las cartas de control.

Tamaño de la muestra, <i>n</i>	Carta $\bar{X}$	Carta <i>R</i>		Estimación de <i>cr</i>
	<i>A</i> <sub>2</sub>	<i>D</i> <sub>3</sub>	<i>D</i> <sub>4</sub>	<i>d</i> <sub>2</sub>
2	1.880	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.575	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.115	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	3.078
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.283	1.717	3.258
13	0.249	0.307	1.693	3.336
14	0.235	0.328	1.672	3.407
15	0.223	0.347	1.653	3.472
16	0.212	0.363	1.637	3.532
17	0.203	0.378	1.622	3.588
18	0.194	0.391	1.608	3.640
19	0.187	0.403	1.597	3.689
20	0.180	0.415	1.585	3.735
25	0.153	0.459	1.541	3.931

Fuente: GUTIERREZ PULIDO, Humberto. Calidad Total y Productividad. p. 346

