



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

“Implementación de la Metodología DMAIC para Reducir los defectos de Etiquetado en una Línea Embotelladora de Bebidas.

### **TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

(PROYECTO DE GRADUACIÓN)

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERO DE ALIMENTOS**

Presentado por:

**Cristian Efrén Vite Moncayo**

**GUAYAQUIL –ECUADOR**

**AÑO: 2015**

# AGRADECIMIENTO

A Dios

A mi Esposa por ser mi apoyo  
incondicional en todo momento

Mis Hijos por ser mi razón de  
ser

Mi Papa que desde el cielo me  
ilumina en cada paso y decisión  
en mi vida.

A la Ing. Sofía López y Edwin  
Desintonio por su ayuda  
incondicional en la guía del  
proyecto

# DEDICATORIA

A mi Esposa Vanesa

Mis Padres Cristian (+) y Teresa

Mis hijos Cristian y Doménica

Mis Hermanos Vanessa y

Xavier

# TRIBUNAL DE SUSTENTACION

---

Ing. Jorge Duque R.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Sofia López I.  
DIRECTOR DEL TFG

---

Ing. Edwin Desintonio L.  
VOCAL PRINCIPAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Cristian Efrén Vite Moncayo

## RESUMEN

El presente proyecto de graduación estuvo orientado en desarrollar implementar mantener en el transcurso del tiempo los principios de un Sistema de Calidad en una Línea de Envasado. Para alcanzar este objetivo se ha implementado la filosofía de Seis Sigma utilizando estratégicamente la metodología DMAIC por sus siglas en inglés, significan: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, y que será empleada para el desarrollo del proyecto.

El Pilar fundamental se basa en la filosofía de Seis Sigma que tiene como principio reducir los defectos que se dan durante la realización del bien o servicio hasta lograr 3.4 defectos por millón de oportunidades, lo que aumentará el número de clientes satisfechos además de reducir gastos por reproceso generando saldos favorables a la empresa. El proyecto se desarrolló en una Industria que envasa bebidas en formato retornable y no retornable, uno de sus procesos críticos es el etiquetado el cual consiste en darle el toque final de presentación a su marca ya que de presentarse alguna desviación conlleva a tener bajo performance entre los consumidores.

Para alcanzar el objetivo de reducir el indicador Inspección Final de Calidad a la meta establecida por la compañía se empezó definiendo las variables a estudiar mediante un análisis de los subprocesos, una vez analizados los puntos críticos se procederá a analizar el proceso crítico en el que se realizarán mediciones a través del uso de herramientas estadísticas tales como espina de pescado, diagrama de Pareto y cálculo de la capacidad de proceso (CP), posteriormente se realizó una matriz de causa y efecto para determinar las causas raíces a los problemas identificados luego se analizarán los resultados para finalmente proponer mejoras que permitan controlar la variabilidad del proceso.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vii
SIMBOLOGÍA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	ix
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. GENERALIDADES.....	2
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Metodología.....	4

1.3.1 Definir.....	4
1.3.2 Medir.....	5
1.3.3 Analizar.....	5
1.3.4 Mejora.....	6
1.3.5 Control.....	7
1.4 Estructura de la Tesis.....	8

## **CAPÍTULO 2**

2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Historia de la calidad.....	8
2.2 Roles del Equipo.....	14
2.3 Fases de DMAIC.....	18
2.3.1 Definir.....	24
2.3.2 Medir.....	26
2.3.3 Analizar.....	35
2.3.4 Implementar.....	38
2.3.5 Controlar.....	40

## **CAPÍTULO 3**

3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC.....	42
3.1 Definir.....	43
3.1.1 Situación Actual.....	43

3.1.2 Objetivo del proyecto.....	44
3.1.3 Alcance.....	45
3.1.4 Métricas del proyecto.....	46
3.2 Medir.....	47
3.2.1 Diagrama de Flujo del Proceso.....	48
3.2.2 Mapa de Proceso Detallado.....	49
3.2.3 Diagrama de Pareto.....	54
3.2.5 Capacidad de proceso actual.....	55
3.3 Analizar.....	56
3.3.1 Diagrama Espina Pescado.....	56
3.3.2 Matriz causa y efecto.....	58
3.3.3 Determinación de Causa Raíz.....	61
3.4 Implementar.....	67
3.4.1 Mejoras.....	68
3.5 Controlar.....	74
3.5.1 Plan de Control y Reacción.....	74

## **CAPÍTULO 4**

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
--	----

## **APÉNDICES**

## BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

CTQ	Critical to quality (Crítico para la calidad)
CO2	Dioxido de Carbono
DFP	Diagrama de flujo de proceso
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control (Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar)
DPMO	Defectos por millón de oportunidades
KPI	Key performance indicators (Indicadores clave de desempeño)
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Costumers (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes)
SMART	Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Time –Bound (Específico, Medible, Atendible, Relevante, Medido)
NVA	Etape no Variable
VA	Etape Variable
U	Unidades
UBT	Unfiltered Beer Tank (Tanque de cerveza no filtrada)
UP	Unidad de Pasteurizacion
USL	Upper specification limit (Límite superior de especificación)
VOC	Voice of costumer (Voz del cliente)

## SIMBOLOGÍA

$\leq$	Menor o igual que
%	Porcentaje
$\Delta$	Nivel de precisión de la muestra
$\varepsilon$	Error aleatorio
$\alpha$	Nivel de significancia
$\sigma$	Desviación estándar de la población
$\sigma^2$	Varianza de la población
$^{\circ}\text{C}$	Grado Celsius
$C_p$	Índice de capacidad del proceso
$C_{pk}$	Índice de capacidad del proceso centrado
$C_m$	Índice de capacidad de máquina
$C_{mk}$	Índice de capacidad real de máquina
PPU	Índice de rendimiento del proceso con límite superior
PPL	Índice de rendimiento del proceso con límite inferior
n	Tamaño de la muestra
p	Proporción de la población
$Z_{st}$	Variación a corto plazo
$Z_{lt}$	Variación a largo plazo

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Metodología Dmaic (4).....	10
Figura 2.2 Ciclo Dmaic.....	21
Figura 2.3 Diagrama Sipoc (8).....	26
Figura 2.4 Plantilla Sipoc (8).....	27
Figura 2.5 Subdivisión De Datos (9).....	30
Figura 2.6 Ejemplo De Diagrama De Flujo De Procesos (8).....	33
Figura 2.7 Distribución De Frecuencias E Histograma (15).....	34
Figura 2.8 Diagrama De Pareto.....	35
Figura 2.9 Ejemplo de Diagrama Causa Efecto (15).....	43
Figura 2.10 Ejemplo de Matriz (14).....	45
Figura 3.1 Comportamiento Mensual DPMO Año 2014.....	48
Figura 3.2 Diagrama SIPOC.....	50
Figura 3.3 Diagrama Flujo Proceso.....	53
Figura 3.4 Diagrama de Pareto Inspección Final de Calidad.....	58
Figura 3.5 Histograma DPMO Año 2013.....	59
Figura 3.6 Diagrama de Ishikawa Equipo DMAIC.....	63
Figura 3.7 Galgas de Etiquetado L2.....	75
Figura 3.8 Cambio de Elementos de Alisado.....	77
Figura 3.9 Evolución DPMO Año 2014.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Niveles Six Sigma Y Dpmo.....	15
Tabla 2	Cálculo Del Dpmo (5).....	17
Tabla 3.	Etapa Definir.....	25
Tabla 4.	Estadística Descriptiva (13).....	42
Tabla 5.	Resultados Anual DPMO L#2.....	47
Tabla 6	Resultados Mensual DPMO Año 2013.....	48
Tabla 7.	Miembros del Equipo DMAIC.....	51
Tabla 8.	Cronograma de Actividades Equipo DMAIC.....	52
Tabla 9.	Mapa Proceso Detallado.....	57
Tabla 10.	Categorización del Valor Cp (4).....	60
Tabla 11.	Datos del Proceso 2013 y Capacidad.....	60
Tabla 12.	Lluvia de ideas Equipo DMAIC.....	62
Tabla 13	Matriz Causa y Efecto.....	65
Tabla 14.	Matriz de Valoración Equipo DMAIC.....	67
Tabla 15	Matriz Verificación Equipo DMAIC.....	69
Tabla 16	Matriz 5 Por Que Equipo DMAIC.....	70
Tabla 17	Listado de Causa Raíces.....	71
Tabla 18	Tabla de Mejoras.....	72
Tabla 19	Cronograma de Capacitación.....	73
Tabla 20	Verificación Estado de Cepillo.....	76
Tabla 21	Resultados DPMO Año 2014.....	77
Tabla 22.	Datos Proceso 2014.....	78
Tabla 23	Categorización Cp.....	78



# INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo final de graduación se busca reducir los defectos de etiquetado en una Línea Embotelladora de bebidas “Implementación de la Metodología DMAIC, utilizando herramientas de gestión de calidad para definir la situación actual, analizar los datos, incorporar mejoras y garantizar que el cliente reciba un producto con calidad en el etiquetado final.

Siguiendo el esquema de la metodología DMAIC para el desarrollo del proyecto, se definirá el alcance con la herramienta SIPOC, se utilizara Diagramas de Causa y Efecto, Índices de Capacidad de Proceso, Determinación de Causas Raíces Diagrama de Pareto y finalmente el Diseño e Implementación del Plan de Control.

Con la implementación de la metodología DMAIC, la empresa busca la reducción de la variabilidad de su proceso de etiquetado y la mejora continua con respecto a las especificaciones y requerimientos del cliente.

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

La Empresa fundada en 1887 se dedica a la fabricación y comercialización de bebidas refrescantes, es la primera productora y comercializadora de sus productos y es considerada parte esencial de la industria nacional aportando al crecimiento sostenido a través de programas de Inversión Social Empresarial y el cuidado del ambiente, generando oportunidades de crecimiento integral en el Ecuador (1).

En la Empresa donde se desarrolla el trabajo final de graduación se presenta la necesidad de mejorar el indicador de Inspección Final de Calidad, el cual es valorado por turno de producción por el personal operativo y supervisado por especialistas del área de

calidad, consiste en realizar una evaluación íntegra a la presentación primaria (botella etiqueta) a través de criterios de inspección establecidos en el cual se utilizan estándares de calificación y ayuda visual a través de un muestreo sistemático dos veces por turno de producción. El resultado de la evaluación es expresado en DPMO.

El control de esta variable es importante por su relación directa con la presentación del producto en el mercado y alguna desviación en su presentación puede ser percibida por el consumidor afectando al productor al no satisfacer los requerimientos del cliente.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Aplicación de la herramienta DMAIC en una Línea Embotelladora de bebidas con la finalidad de reducir los defectos de etiquetado en cada uno de sus formatos, el cual es medido en el indicador Inspección Final de Calidad expresado en DPMO que se lleva turno a turno en el proceso de producción

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar los puntos críticos que afectan la etapa de etiquetado, que influyen significativamente en el alto índice de DPMO.
2. Planear alternativas de mejora para reducir el alto índice de DPMO, para así lograr mantener un Indicador de planta y elevar la satisfacción del cliente.
3. Utilizar las herramientas de gestión de la calidad para el diseño de métodos de control en las diferentes etapas del proceso sobre las variables que tiene influencia directa y significativa en el alto índice de DPMO del proceso de etiquetado.

### **1.3 Metodología**

Como referencia al proceso de mejora continua DMAIC, se establece la siguiente metodología (2)

#### **1.3.1 Definir**

La fase de definición permitirá realizar la selección del proyecto, preparar y seleccionar al equipo de mejora continua, definir la meta, el objetivo SMART y el indicador a medir, determinar el alcance del

proyecto, estimar los beneficios financieros. Entre las herramientas se puede aplicar un Benchmarking y el diagrama SIPOC.

### **1.3.2 Medir**

La etapa de Medición define las técnicas para la recolección de datos. En esta etapa se caracteriza al proceso, uso de herramientas como Mapa de proceso, Diagrama de Pareto, Matriz causa y efecto, desarrollo del plan de recolección de datos.

Al terminar esta etapa, el equipo de mejora continua tendrá un plan de recopilación de información, un sistema válido de medición que asegure exactitud y consistencia en la recolección de datos, frecuencia de los defectos y datos suficientes para el análisis posterior del problema (3).

### **1.3.3 Analizar**

En esta etapa las entradas y salidas clave del proceso tienen que ser monitoreadas para identificar la causa raíz del problema aplicando Matriz Priorización y Verificación.

#### **1.3.4 Mejorar**

Se refiere como la fase de prueba proactiva ya que los niveles de factores de entrada cambian para observar el efecto sobre una variable de salida. Esta etapa busca definir e implementar los cambios y determinar las mejoras del proceso al eliminar defectos y establecer niveles adecuados de operación.

#### **1.3.5 Control**

Esta fase aborda el diseño e implementación de un plan y documentar los mecanismos de control necesarios para asegurar que los resultados obtenidos se mantengan una vez que se hayan implementado los cambios.

### **1.4 Estructura de la Tesis**

#### **Capítulo 1**

El capítulo 1 se llama "GENERALIDADES", se presenta el planteamiento del problema, el objetivo general y específico, la metodología empleada y se describe la estructura de la tesis.

**Capítulo 2**

El capítulo 2 se llama “MARCO TEÓRICO”, en el mismo se incluye el fundamento teórico consultado para el desarrollo de la tesis.

**Capítulo 3**

El capítulo 3 se llama “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC”, en el mismo se explica paso a paso como se aplicó la técnica Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar en el desarrollo de la tesis.

**Capítulo 4**

El capítulo 4 se llama “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”, en el mismo se detallan las conclusiones y recomendaciones finales en base a los resultados obtenidos.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Historia de la Calidad

Cuando la industria estaba dominada por la producción sin considerar mayormente la calidad, asegurar que los productos cumplieran con la especificación era la responsabilidad de un departamento independiente de la función de producción, como resultado los niveles de deterioro eran altos lo que significaba que la productividad era baja. (7)

Debido al grado de competitividad las organizaciones se concentran en la medida en la que se cumplen las exigencias del cliente, necesitan crear productos innovadores en menos tiempo, mejorar la calidad y satisfacción del cliente, disminuir los costos y aumentar los volúmenes de producción con menos recursos. El enfoque Sigma

puede dar respuestas a estas necesidades si se realiza cuidadosamente (3)

### **Introducción Herramienta DMAIC**

Seis Sigma, permite eliminar los errores, aumentar la satisfacción de los clientes y mejorar los procesos para obtener mejoras medibles en los resultados financieros.

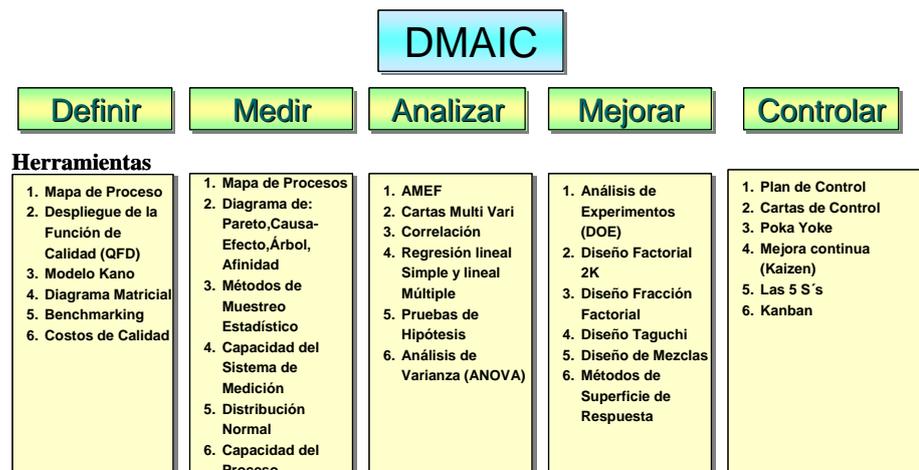
Todas las empresas tratan de reducir sus errores, esto no es algo nuevo, en la actualidad la metodología Seis Sigma es una herramienta de gestión que involucra a todos los empleados para trabajar de forma sistemática en la consecución de la mejora apoyándose en técnicas estadísticas y en datos.

La metodología DMAIC se fomenta en gran medida el trabajo en equipo, debido a que en la mayoría de las herramientas, el mecanismo para proponer ideas que conducen a la solución de problemas, es el resultado de la participación de todas las personas involucradas. La mejora continua de los procesos es el objetivo común de cada uno de los miembros. [4]

Debido al grado de competitividad las organizaciones se concentran en la medida en la que se cumplen las exigencias del cliente, necesitan crear productos innovadores en menos tiempo, mejorar la calidad y satisfacción del cliente, disminuir los costos y aumentar los volúmenes de producción con menos recursos. El enfoque Seis Sigma puede dar respuesta a estas necesidades si se realiza cuidadosamente (3).

La Figura 2.1 muestra las herramientas de la metodología DMAIC

(4)



**FIGURA 2.1 METODOLOGÍA DMAIC (4)**

Los esfuerzos de Seis Sigma se dirigen a tres áreas principales:

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Reducir el tiempo del ciclo

- Reducir los defectos

a variación de los procesos, en estadística está representada por la letra griega sigma ( $\sigma$ ), siendo el punto inicial el mejorar la calidad, por lo que la meta trazada es llegar a 3,4 defectos por millón equivalente a alcanzar  $6\sigma$ . En todo tipo de empresa, la reducción de los defectos equivale a reducir los costos de reproceso o pérdidas, mientras más volumen de producción mayor son los costos de no calidad.

**TABLA 1**  
**NIVELES SIX SIGMA Y DPMO (4)**

<b>Nivel en sigma</b>	<b>Defectos por millón de oportunidades</b>
6	3.4
5	233.0
4	6,210.0
3	66,807.0
2	308,537.0
1	690,000.0

Tal como se puede apreciar en la tabla 1, a medida que el nivel de sigma se incrementa, los defectos o errores por millón de

oportunidades van decreciendo. Seis Sigma se centra en el concepto de DPMO. Este usa el estándar de distribución normal como sistema de medición, donde se representa la media como ( $\mu$ ) y a la desviación estándar como ( $\sigma$ ). (4)

### **Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO).**

Algunas organizaciones se enfocan solamente en la tasa de defectos al finalizar un proceso. Por ejemplo, si se producen 200 unidades y 10 unidades fallaron los controles, la tasa de defectos reportados es 5% (5).

Un cálculo de defectos por unidad puede dar información adicional sobre un proceso al incluir el número de oportunidades para fallar. Una métrica de defectos por unidad considera la cantidad de oportunidades para fallar dentro de los cálculos. Para ilustrar la metodología, se considera el esquema presentado en la Tabla 4, donde DPMO es igual al número de defectos contados, divididos por el número actual de oportunidades, multiplicado por un millón (5).

**TABLA 2.**  
**CÁLCULO DEL DPMO (5)**

Tipo de características	Defectos	Unidades	Oportunidades	TOP	DPU	DPO	DPMO
Descripción	D	U	OP	UxOP	D/U	D/TOP	DPO x 1,000,000

Con una métrica DPMO se puede tener una medida uniforme para el proceso y no sólo para el producto. Medidas que se centran en el proceso conducen directamente a las actividades eficaces de mejora de los procesos (5).

### **Capacidad de Proceso.**

Una medida que describe el grado en el cual el proceso cumple los requerimientos del cliente es la capacidad del proceso. El  $C_p$  compara el ancho de las especificaciones con respecto a la amplitud de la variación real del proceso cuando los datos siguen una distribución normal, independiente de la ubicación y centrada del proceso. Seis Sigma tiene la habilidad de lograr índices de  $C_p$  y  $C_{pk}$  de 2,0 y 1,5 respectivamente. Para lograr esta capacidad la meta a alcanzar de un programa Seis Sigma es producir al menos

9.99966% de calidad, no más de 3.4 defectos en un millón de piezas producidas en el largo plazo (5).

## **2.2 Roles del Equipo**

En una iniciativa Seis Sigma, los empleados de las empresas constituyen el grupo de interés más importante, pues ejecutan la mayoría de los proyectos de mejora y deben participar de forma activa. Se asegura esta participación a través de cursos de formación, roles y responsabilidades dedicados, metodologías de mejora formalizadas y retroalimentación.

**Líder de Grupo o Consejo.-** En la mayoría de las organizaciones con las que trabaja el equipo responsable o consejo de la calidad es el mismo grupo que el equipo de alta dirección, llámese comité de calidad. Este grupo establece

- Los roles infraestructura de la iniciativa Seis Sigma
- Selecciona los proyectos específicos y asignar los recursos
- Revisar periódicamente el progreso de los distintos proyectos y aportar ideas
- Ayudar a cuantificar el impacto de Seis Sigma en la empresa
- Evaluar los progresos e identificar los puntos fuertes y débiles del esfuerzo

- Compartir las mejoras prácticas en toda la organización, así como con los proveedores y clientes principales.
- Actuar como eliminadores de obstáculo cuando los equipos identifican barreras (7)

**Patrocinador del Proyecto o “Champion”.**- Es un directivo que supervisa un proyecto de mejora y tiene como principal responsabilidad, proveer de lineamientos claros al equipo de Implantación, debe ser el Líder del proyecto y ser el agente que de apoyo en todo sentido al equipo, elimina los obstáculos y dedica recursos para soporte a Black Belt (7)

**Responsable de implantación.**- Puede ser uno de los altos directivos de la empresa que planea añadir la administración del esfuerzo Seis Sigma a sus propias responsabilidades. Será necesario dedicar recursos para gestionar los progresos y logística diarios. Según la escala de trabajo, un responsable de puesta en marcha puede ser suficiente; hará también falta disponer de personal para el siguiente conjunto de tareas.(7)

**Entrenador o consultor de Seis Sigma – “Master Black Belt”.**- Son expertos preparados con mayor consistencia en herramientas

estadísticas y mejora de procesos. Ellos desarrollan muchas de las actividades de un Black Belt, pero para un número mayor de Equipos. Por lo general, han liderado e implantado exitosamente diversos procesos de mejorar en organizaciones y gozan de muchas buenas experiencias en el desarrollo de procesos, Sirven además, como agentes de cambio y consultores. (7)

**Jefe de Equipos “Black Belt”.-** Los black belt trabajan a tiempo completo con los proyectos seleccionados. Como líderes de equipo y jefes del proyecto. Entrenados en el uso de métodos estadísticos, análisis de procesos y habilidades para manejo de equipos e indagar en los problemas crónicos y de alto impacto. El entrenamiento incluye una base sólida en herramientas estadísticas, muestreo, análisis multivariable y diseño de experimentos, y pasan de la teoría a la acción siguiendo los pasos de la metodología Seis Sigma.

**Apoyo de Equipo “Green Belts”.-** Los Green Belt ayudan a los black belt en sus tareas funcional, aplican las herramientas estadísticas de seis sigma para examinar y solucionar los problemas crónicos dentro de sus trabajos normales Por lo general, son empleados que han recibido suficiente entrenamiento en Seis

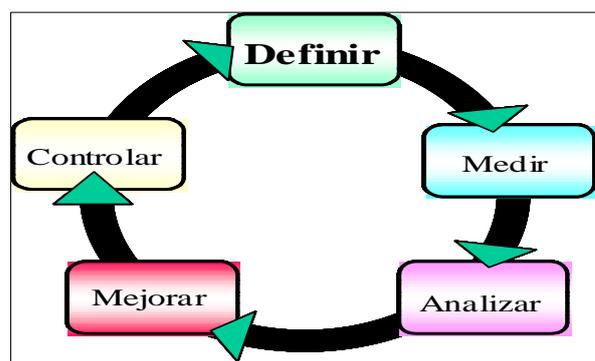
Sigma y han formado parte de equipos de Implantación. De igual forma, han liderado pequeños proyectos de mejora en empresas.

(7)

### 2.3 Fases de Dmaic

Es una herramienta de la metodología Seis Sigma enfocada en la mejora incremental de procesos existentes. La herramienta es una estrategia de calidad basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora. DMAIC está compuesto de cinco etapas las cuales se desarrollan en forma estructurada aplicando herramientas gráficas y estadísticas en cada fase. Las fases se aplican en forma sistemática, es decir, que no se puede avanzar de fase hasta que no se han completado las tareas de la fase anterior.

(2)



**FIGURA 2.2 CICLO DMAIC**  
Elaborado por: Cristian Vite Moncayo 2014

### **2.3.1 Definir**

Se centra en determinar el alcance del problema, pero es muy importante antes de iniciar cualquier proyecto hacer una selección correcta de los problemas empresariales susceptibles a ser abordados por medio de esta metodología. Se definen los CTQ's aplicando las vos del cliente VOC (4)

**Cliente Interno:** Es el personal interno afectado por el producto o servicio generado.

**Cliente Externo:** Todos aquellos a los que la empresa provee un producto o servicio, estos se dividen en usuarios finales, clientes intermediarios y otros que son impactados pero que no usan ni compran el producto.

### **CTQ's del proyecto**

Se refiere a un atributo o característica de calidad de un producto o servicio que es importante para el cliente y tiene como objetivo reducir los costos, aumentar la satisfacción del cliente y aumentar las utilidades (4).

Para determinar los CTQ, se debe que conocer VOC mediante la cual se puede tener información acerca del grado de satisfacción de las fuentes seleccionadas (4).

En la determinación de los CTQ's se puede tomar como base: metas del negocio, entrevistas, encuestas, quejas, datos de benchmarking, matriz de causa efecto, tendencias del mercado futuras (4).

Los principales componentes de la ficha de proyecto se describen a continuación:

**Alcance:** Se deben especificar de forma clara los puntos que se establecen como límites de comienzo y final del proyecto, las actividades/productos incluidos y las áreas afectadas. Es de gran utilidad especificar qué es lo que no entra en el proyecto. (4).

**Indicadores clave:** Es el indicador de rendimiento del proceso (KPI)<sup>6</sup>, es la métrica de referencia que permite conocer en cada momento el estado del proceso correspondiente. Sobre este indicador se pondrán los objetivos del proyecto. Suelen definirse uno o dos máximo, si se encuentran más indicadores para el

proceso, éstos no son indicadores clave sino indicadores secundarios derivados de los anteriores. (4).

**Objetivos:** Lo recomendable es fijar un objetivo cuantificable para los indicadores clave del proceso, estos objetivos deben ser específicos, medibles, realistas y alcanzables. (4).

**Beneficios esperados:** Es prematuro aventurar en esta etapa definir los beneficios a obtenerse mediante los objetivos establecidos en el proyecto, es muy recomendable que se tenga una primera aproximación, al menos en orden de magnitud, de los beneficios tangibles que se esperan conseguir. (4).

**Equipo de Trabajo:** El equipo de trabajo debe ser cuidadosamente seleccionado y adecuado a las necesidades particulares del proyecto. Las personas seleccionadas serán personas conocedoras e implicadas en el proceso, se constituyen en uno de los pilares de la metodología. (4).

**Planificación del proyecto:** El proyecto debe ser planificado en todas sus etapas contando con un cronograma de actividades. (4)

**TABLA 3.**  
**ETAPA DEFINIR**

DEFINIR			
QUE SE REALIZA	ACTIVIDADES PRINCIPALES	HERRAMIENTAS	RESULTADOS
Se define el proceso en forma detallada, se identifica las características críticas y se crea el equipo de trabajo.	Identificar las voces del cliente, del entorno y del negocio. - Se identifican los pasos y actividades del proceso de alto nivel. - Se definen indicadores claves (KPIs) - Se crea el Equipo de Trabajo	Análisis de Esfuerzo / Impacto. - Diagrama de Árbol (detección de las CTQs). - Selección de los actores de Seis Sigma - Matriz SIPOC.	Ficha de Proyecto: - Alcance, Objetivos, Indicadores, Beneficios Esperados y Planificación del Proyecto. - Mapa del proceso de alto nivel.

En la tabla 3. Se detalla las tareas, objetivos y resultados que se deben obtener en esta etapa.

### **Selección Equipo Trabajo**

Se refiere a seleccionar a las personas estratégicas que intervienen o que están involucradas directamente y que disponen de la apertura para realizar las tareas de mejora continua (4).

Se debe incluir nombre, posición roles y responsabilidades a desempeñar en el desarrollo del proyecto. Es necesario incluir además de los miembros del equipo, al Champion del proceso así como un Black Belt que apoye y asesore a los equipos de proyecto guiados por Green Belts (4).

## Diagrama SIPOC

Es un macro mapa del proceso que ayuda a mantener una perspectiva del panorama general. Permite definir los límites y alcances de un proyecto, además de verificar si las entradas supuestas están efectivamente relacionadas con las salidas del proceso (8).

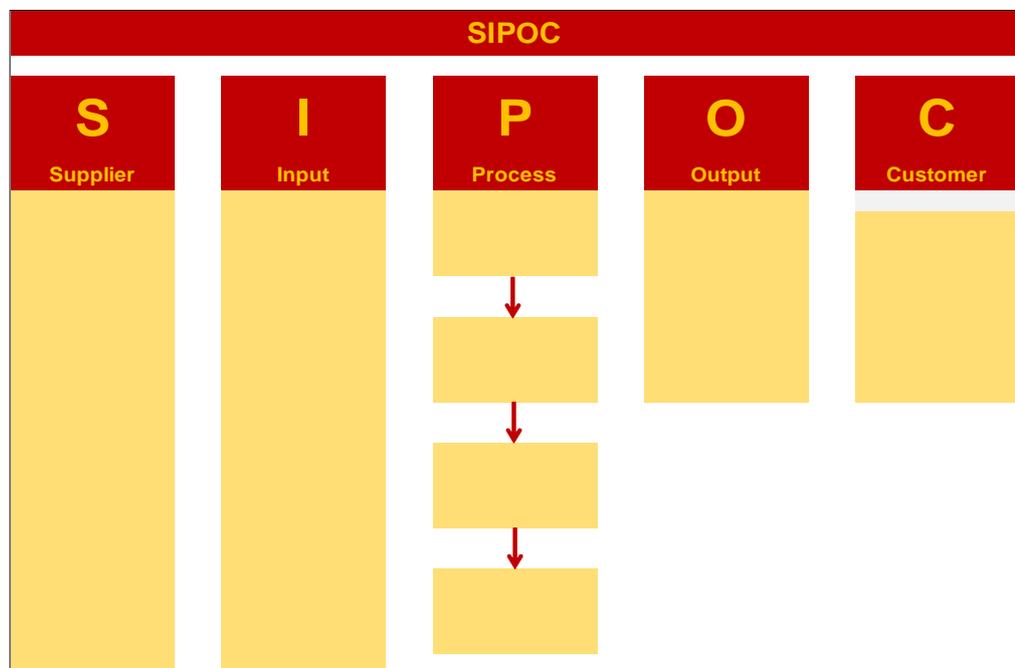


**FIGURA 2.3 DIAGRAMA SIPOC (8)**  
Elaborado Por: Cristian Vite Moncayo 2015

Para construir el diagrama SIPOC, los miembros del equipo deben.

- 1) Crear el mapa de proceso.
- 2) Identificar los proveedores clave del proceso.
- 3) La sección de entrada debe incluir una lista de las entradas del proceso ¿De dónde vienen los materiales?
- 4) La sección de Proceso debe ser de alto nivel, contiene de cuatro a siete pasos clave (cómo se transforma el producto).

- 5) Identificar las salidas del proceso ¿Cuál es el resultado final, producto o servicio de este proceso?
- 6) Como paso opcional identificar algunos requerimientos preliminares de los clientes.
- 7) Involucrar al líder del equipo, champion y otros grupos interesados en la verificación del proyecto.



**FIGURA 2.4 PLANTILLA SIPOC (8)**  
Elaborado Por: Cristian Vite Moncayo 2015

### **2.3.2 Medir**

Trata de describir el problema, por tanto, se deben determinar cuáles son las características críticas que definen el proceso, medirlas. Se definen variables críticas del proceso, Y's que es la variable de salida del proceso (dependiente) y X's que son las variables de entrada (independientes) de las que depende la variable de salida (4)

Para obtener el rendimiento del proceso y la capacidad, es necesario haber definido los indicadores claves del proceso (KPI) como su unidad de medida y su método de medición. En general, en los proyectos de Seis Sigma la métrica más utilizadas son defecto, unidad y oportunidad de defecto. Cabe indicar que en Seis Sigma un defecto es cualquier característica del producto o servicio que no cumpla los requerimientos del cliente. Se recomienda utilizar unidades relativas como porcentajes para la medición de defectos, para una mejor representación del nivel de rendimiento del proceso. (4)

Esta fase es importante porque asegura que los datos que se relacionan con los requerimientos del cliente y el desempeño actual

del proceso sean precisos, claros y confiables. El propósito de esta fase es medir la variación existente para saber si existen datos que se encuentren fuera de especificaciones y causen problemas en el proceso (3).

### **Plan Recolección de Datos**

Es importante conocer que el tipo de dato identificado influye directamente en el método de análisis que se aplique sobre los mismos. Estos se clasifican en (9):

**Datos Continuos.** Cualquier variable medida en una escala que pueda ser infinitamente dividida. Son usualmente preferidos debido a la gran cantidad de herramientas con las que se cuentan para analizarlos.

**Datos Discretos.** Se clasifican de la siguiente manera:

**Binomiales:** Datos que tienen únicamente dos opciones. Ejemplo: Entregado a tiempo (s/n).

**Nominales:** Los datos son nombres o etiquetas. No existe razón para colocarlos en un orden particular. Ejemplo: Línea1, Línea 2, Línea 3, etc.

**Ordinales:** Los nombres o etiquetas representan un valor inherente.

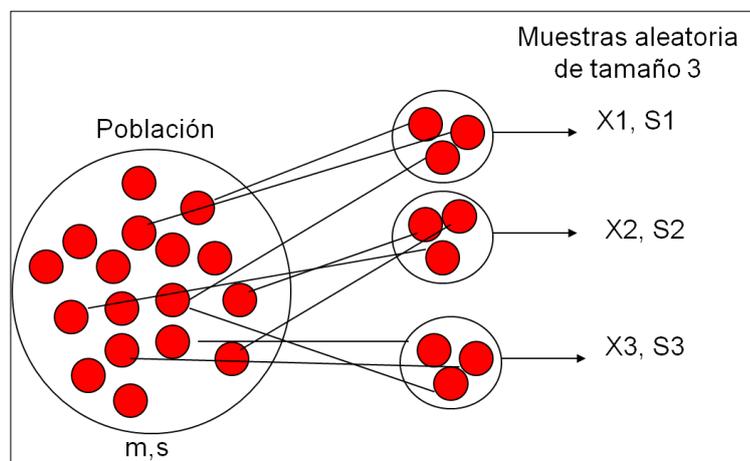
Ejemplo: Excelente, muy bueno, bueno, regular, insuficiente

Para la generación de datos se aplica el muestreo, que consiste en tomar uno o más sub-grupos de datos de un grupo mucho mayor con el fin de tomar decisiones acerca del grupo en general.

Se debe seleccionar el tamaño de muestra y la frecuencia de muestreo en base al sistema de medición, capacidad del proceso y requerimientos de la operación (4).

### Tamaño de la muestra.

Para definir el tamaño de la muestra es necesario conocer el nivel de confianza al que se quiere trabajar y cuál es el error máximo que se está dispuesto a admitir en la estimación (10).



### FIGURA 2.5 SUBDIVISIÓN DE DATOS (9)

La fórmula para el cálculo del tamaño de muestra para **datos continuos** es (9)

$$n = \frac{(1.96s)^2}{\Delta^2}$$

n = Tamaño de muestra

1.96 = Representa un nivel de confianza del 95%

s = estima la desviación estándar de los datos

$\Delta$  = El nivel de precisión de la muestra. La diferencia que se espera detectar.

La fórmula para el cálculo del tamaño de muestra para **datos discretos** es (8)

$$n = \frac{(1.96)^2 p (1 - p)}{\Delta}$$

n = Tamaño de muestra

p = Proporción de la población que mantiene la característica que se busca.

$\Delta$  = El nivel de precisión de la muestra.

1.96 = Representa un nivel de confianza del 95%

### **Tipos de Muestreo**

**Muestreo de una Población:** Extraer elementos de un grupo definido con límites establecidos. No existe el elemento tiempo (9).

**Proceso:** Muestra de un flujo cambiante de ítems moviéndose a través del negocio. Se incluye el elemento tiempo (9)

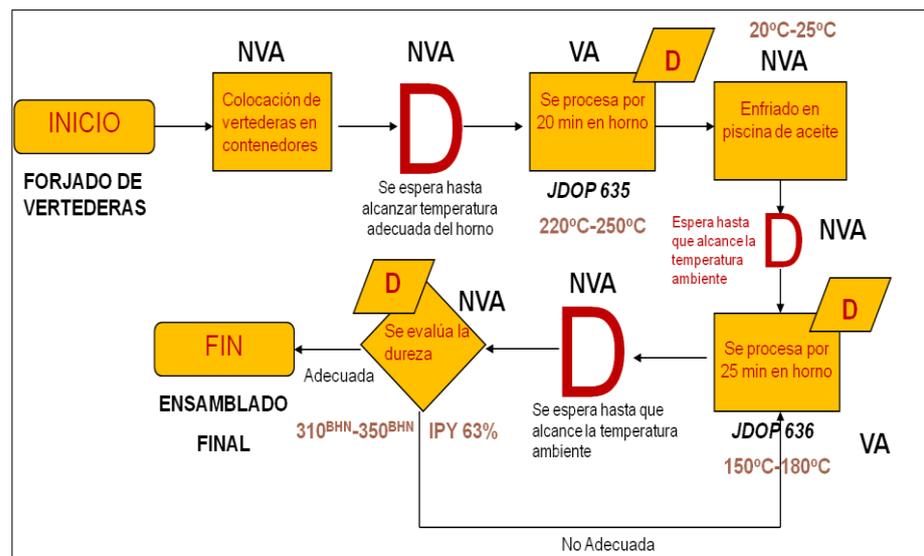
### **Formas de selección de muestra.**

**Aleatoria:** El mejor método para situaciones poblacionales, se sugiere emplear números aleatorios (9).

**Sistemática:** Se selecciona una unidad cada n unidades. El riesgo de sesgo se genera cuando el patrón de la muestra coincide con un patrón en el proceso (9).

**Diagrama de Flujo de Proceso DFP.** Muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda. Entre los elementos de un DFP se tiene (9):

- Todos los pasos documentados del proceso
- Fábrica oculta (Aquello que es parte del proceso pero que no se encuentra documentado)
- Puntos de recolección de datos.
- Equipos Empleados.
- Identificación de operaciones como VA o NVA.
- Control de documentos.

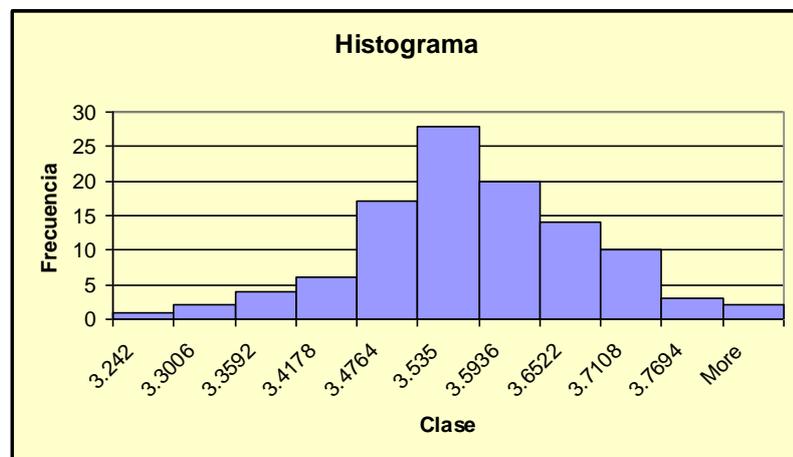


**FIGURA 2.6 EJEMPLO DE DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (8)**

## Histogramas

Cuando se tiene una cantidad grande de datos es difícil poder analizarlos, a menos que se haga uso de herramientas que

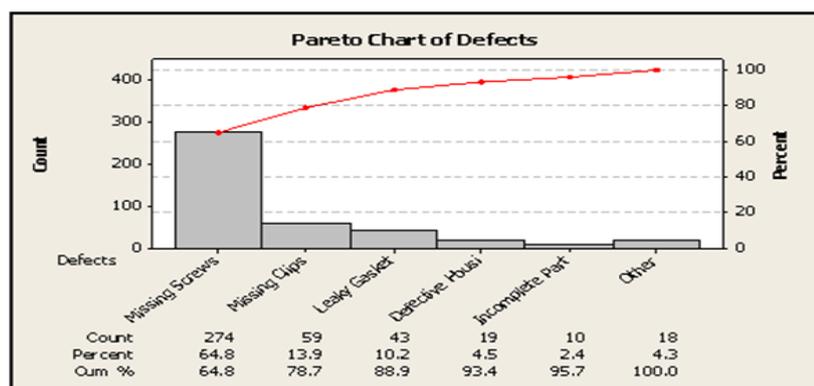
permitan hacerlo con mayor facilidad y claridad. El histograma es una de ellas, Se emplea para ilustrar muestras agrupadas en intervalos. Está formado por rectángulos unidos a otros, cuyos vértices de la base coinciden con los límites de los intervalos y el centro de cada intervalo es la marca de clase, que se representa en el eje de las abscisas. La altura de cada rectángulo es proporcional a la frecuencia del intervalo respectivo en un diagrama de barras donde las bases corresponden a los intervalos y las alturas a las frecuencias. Para construir un histograma se recomienda tener un mínimo de 50 a 100 datos (4)



**FIGURA 2.7 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS E HISTOGRAMA (15)**

## Diagrama de Pareto

El principio enuncia que aproximadamente el 80% de los efectos de un problema se debe a solamente 20% de las causas involucradas. El diagrama de Pareto es una gráfica de dos dimensiones que se construye listando las causas de un problema en el eje horizontal, empezando por la izquierda para colocar a aquellas que tienen un mayor efecto sobre el problema, de manera que vayan disminuyendo en orden de magnitud. El eje vertical se dibuja en ambos lados del diagrama: el lado izquierdo representa la magnitud del efecto provocado por las causas, mientras que el lado derecho refleja el porcentaje acumulado de efecto de las causas, empezando por la de mayor magnitud (4).



**FIGURA 2.8 DIAGRAMA DE PARETO (4)**

### **Análisis de Capacidad**

La capacidad del proceso mide la frecuencia con que los productos que se obtienen de un proceso cumplen con las especificaciones comparando la variación con los límites de especificación (8). La capacidad del proceso estima toda la variabilidad dentro del proceso incluyendo la aportación de las 6 Ms clásicas: mano de obra, material, método, medición, medio y máquina (11).

Las ecuaciones para calcular los índices de capacidad de proceso son sencillas, pero sensibles al valor de la desviación estándar que estará en función de las causas de variación y si éstas son a corto o largo plazo (3). Los índices de capacidad asociados a la variación a corto plazo son  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $C_{pU}$ , y  $C_{pL}$ ; por otro lado, los índices de capacidad asociados a la variación a largo plazo son  $P_p$ ,  $P_{pk}$ ,  $P_{pU}$ , y  $P_{pL}$  (9).

$C_p$  y  $C_{pk}$  son indicadores para medir la variabilidad en un proceso, mientras que la capacidad de la máquina ( $C_m$ ,  $C_{mk}$ ) estima la variabilidad generada solamente por la máquina.

Para realizar un estudio de capacidad es necesario que se cumplan los siguientes supuestos (4)

- El proceso se encuentre bajo control estadístico, es decir sin la influencia de fuerzas externas o cambios repentinos. Si el proceso está fuera de control la media y/o la desviación estándar del proceso no son estables y, en consecuencia, su variabilidad será mayor que la natural y la capacidad potencial estará infravalorada, en este caso no es conveniente hacer un estudio de capacidad. (4)
- Se recolectan suficientes datos durante el estudio de habilidad para minimizar el error de muestreo para los índices de habilidad. Si los datos se componen de menos de 100 valores, entonces deben calcularse los límites de confianza inferiores. (4)
- Los datos se recolectan durante un periodo suficientemente largo para asegurar que las condiciones del proceso presentes durante el estudio sean representativos de las condiciones actuales y futuras. (4)
- El parámetro analizado en el estudio sigue una distribución de probabilidad normal, de otra manera, los porcentajes de los productos asociados con los índices de capacidad son incorrectos. (4)

### **Variación a corto plazo y a largo plazo**

Existen dos maneras de expresar la variabilidad:

**Variación a corto plazo (Zst):** Los datos son recogidos durante un periodo de tiempo suficientemente corto para que sea improbable que haya cambios y otras causas especiales (4).

**Variación a Largo Plazo (Zlt):** Los datos son recogidos durante un periodo de tiempo suficientemente largo y en condiciones suficientemente diversas para que sea probable que contenga algunos cambios de proceso y otras causas especiales (4).

### **Cálculo de la capacidad del proceso**

Para calcular la capacidad del proceso se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

El índice de capacidad que representa el proceso de centrado se denomina Cpk y evalúa la capacidad real del proceso considerando: las dos especificaciones, la variación y el centrado del proceso (8).

Consiste en el valor mínimo entre el índice de capacidad superior CPU y el índice de capacidad inferior CPL relaciona la distancia entre la media del proceso y el límite de especificación más cercano a la mitad de la amplitud total del proceso, puede representarse con la siguiente fórmula (3)(8),

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right]$$

Cp y Cpk deben ser > 1 aumentando con el tiempo hasta Cp > 1.67 y Cmk > 1.33 (7). Cuando los índices Cp ≥ 2 y Cpk ≥ 1.5, se tiene un buen indicador de que se está logrando el nivel Seis Sigma (4).

### 2.3.3 Analizar

En esta fase se efectúa el análisis de los datos obtenidos en la etapa de Medición, con el propósito de conocer la causa raíz del problema. La información de este análisis proporcionará evidencias de las fuentes de variación y desempeño insatisfactorio, el cual es de gran utilidad para la mejora del proceso (4).

En la fase de análisis se encuentran los pocos vitales x's y se determinan aquellos que específicamente afectan el proceso (4).

Cuando un proceso se encuentra fuera de las especificaciones permitidas, se tiene evidencia de que existe variación. Para comprobarlo se utiliza alguna de las herramientas de análisis, según sea el caso. Una vez determinadas las causas de variación, se debe enfocar en los “pocos vitales  $x$ ” que están afectando la variable de respuesta “ $Y$ ” (4).

### **Herramientas básicas para la fase de Análisis**

La Estadística para su estudio utiliza métodos y técnicas estadísticas, los cuales consisten en recopilar, elaborar, interpretar datos numéricos por medio de la búsqueda de los mismos, entre ellos la Estadística Descriptiva y la Estadística Inferencial (12).

### **Análisis Descriptivo**

Es la parte de la disciplina que se encarga de ordenar, resumir y analizar un conjunto de datos mediante una serie de técnicas y métodos (21) y como su nombre lo indica describen y resumen las observaciones obtenidas sobre un fenómeno un suceso o un hecho (23). Permite validar datos obtenidos sobre los posibles factores causales  $x$ 's y la(s) respuestas  $Y$  (9).

**TABLA 4**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA (13).**

ESTADÍSTICA DE LA MUESTRA	DEFINICIÓN	ECUACIÓN /SÍMBOLO
<b>Medidas de localización</b>		
Media de la población	Centro de gravedad o centroide de distribución	$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$
Media de la muestra	Centro de gravedad o centroide de una muestra de una distribución	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
Mediana	Precisamente la mitad del conjunto de datos estará por encima de la mediana y la media por debajo de ella	$\tilde{X}$
Moda	El valor que ocurre con mayor frecuencia. Si se agrupan los datos, la moda es el grupo con la frecuencia más alta	Ninguna
<b>Medidas de dispersión</b>		
Rango	La distancia entre los valores extremos de la muestra	R=Valor máximo – Valor mínimo
Varianza de la población	Una medida de la variación alrededor de la media; Las unidades son el cuadrado de las unidades utilizadas para los datos originales	$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \mu)^2}{N}$
Desviación estándar de la población	Una medida de la variación alrededor de la media, en las mismas unidades que los datos originales	$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$
Varianza de la muestra	Una medida de la variación alrededor de la media; Las unidades son el cuadrado de las unidades utilizadas para los datos originales	$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{X})^2}{n - 1}$
Desviación estándar de la muestra	Una medida de la variación alrededor de la media, en las mismas unidades que los datos originales	$s = \sqrt{s^2}$
<b>Medidas de forma</b>		
Medida de asimetría	Una medida de la asimetría. La distribución normal tiene una asimetría de cero que indica una asimetría perfecta	$k = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^3}{n} - \frac{3\bar{X} \sum_{i=1}^n x_i^2}{n} + 2\bar{X}^3$ $k = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^3}{n} - \frac{3\bar{X} \sum_{i=1}^n x_i^2}{n} + 2\bar{X}^3$

### Diagrama de Causa Efecto (Ishikawa)

Llamado diagrama de Ishikawa o espina de pescado, es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Es utilizado cuando se necesita identificar las posibles Causas de un problema específico (4).

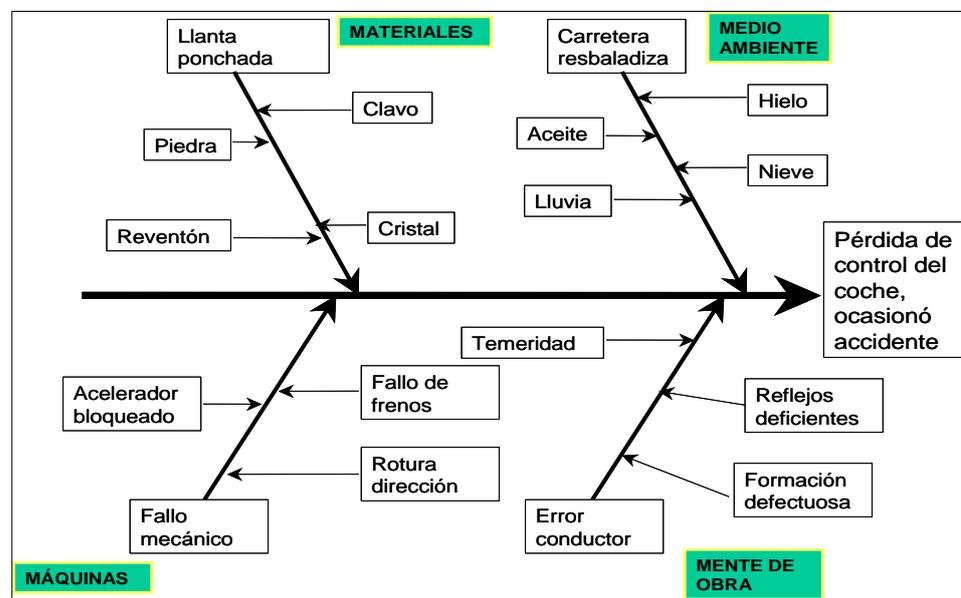


FIGURA 2.9 EJEMPLO DE DIAGRAMA CAUSA EFECTO (15)

#### 2.3.4 Implementar

En esta fase se utilizará la matriz de priorización las causas que más afectan el CTQ e investigar estas causas para conocer el comportamiento del proceso.

### **Matriz de Priorización**

La matriz de priorización es una herramienta que permite la selección de opciones sobre la base de la ponderación y aplicación de criterios. Hace posible, determinar alternativas y los criterios a considerar para adoptar una decisión, priorizar y clarificar problemas, oportunidades de mejora y proyectos y, en general, establecer prioridades entre un conjunto de elementos para facilitar la toma de decisiones (14).

#### **Pasos para elaborar Matriz de Priorización**

1. Establecer Objetivo
2. Verificar opciones
3. Elaborar los criterios de decisión.
4. Ponderar los criterios
5. Comparar las opciones
6. Seleccionar la mejor opción

Obs. Para cada celda de la matriz de priorización se multiplica el valor obtenido de “ponderación del criterio” (para cada criterio) por el valor de “calificación de la opción” (para cada opción). (14)

PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS	Impacto social	Procesos clave	Personal motivado hacia la mejora	Imagen de la institución	Madurez organizativa	TOTAL	Ponderación del Criterio
1 Impacto social		1,00	5,00	5,00	5,00	16,00	0,29
2 Procesos clave	1,00		5,00	10,00	0,20	16,20	0,29
3 Personal motivado hacia la mejora	0,20	0,20		0,20	1,00	1,60	0,03
4 Imagen de la institución	0,20	0,10	5,00		10,00	15,30	0,28
5 Madurez organizativa	0,20	5,00	1,00	0,10		6,30	0,11
<b>TOTALES</b>	1,60	6,30	16,00	15,30	16,20	55,40	1,00

**FIGURA 2.10 EJEMPLO DE MATRIZ (14)**

### 2.3.5 Controlar

Una vez implementadas las mejoras en el proceso, el último paso es asegurar que las implementaciones se mantengan actualizadas a través del tiempo (4).

#### Plan de Control

Los procesos tienden a degradarse con el tiempo, por lo que es de gran importancia la implementación de un plan de control para cada variable  $x$ , para establecer el plan necesario de los procesos y procedimientos documentados y entrenar al personal que llevará a cabo esta actividad. Una vez implementadas las mejoras se vuelve a calcular los niveles sigma del proceso para conocer el nivel actual.

Se considera un método para identificar deficiencias en el sistema de control, una lista de las actividades de control para implantar. (4)

# CAPÍTULO 3

## 3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC

### 3.1 Definir

#### 3.1.1 Situación Actual

En la Línea # 2 de embotellado se requiere se requiere mejorar el indicador de producción Inspección final de Calidad, el cual es cuantificado con el DPMO total mensual que reporta, en los últimos dos años la Línea #2 es la que mayor incidencia negativa a aportado, a continuación se describe el detalle de los últimos tres años y el desglose mensual correspondiente al DPMO reportado.

**TABLA 5**

#### **RESULTADOS ANUAL DPMO L#2**

**Elaborado Por:** Cristian Vite Moncayo 2015

<b>Año</b>	<b>Total DPMO</b>
<b>2011</b>	<b>7143</b>
<b>2012</b>	<b>5714</b>
<b>2013</b>	<b>5841</b>

TABLA 6

## RESULTADOS MENSUAL DPMO AÑO 2013

Elaborado Por: Cristian Vite Moncayo 2015

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total 2013
5.841	7.895	6.523	5.841	6.080	6.521	
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	5.841
5.891	5.841	5.188	4.499	5.238	4.728	

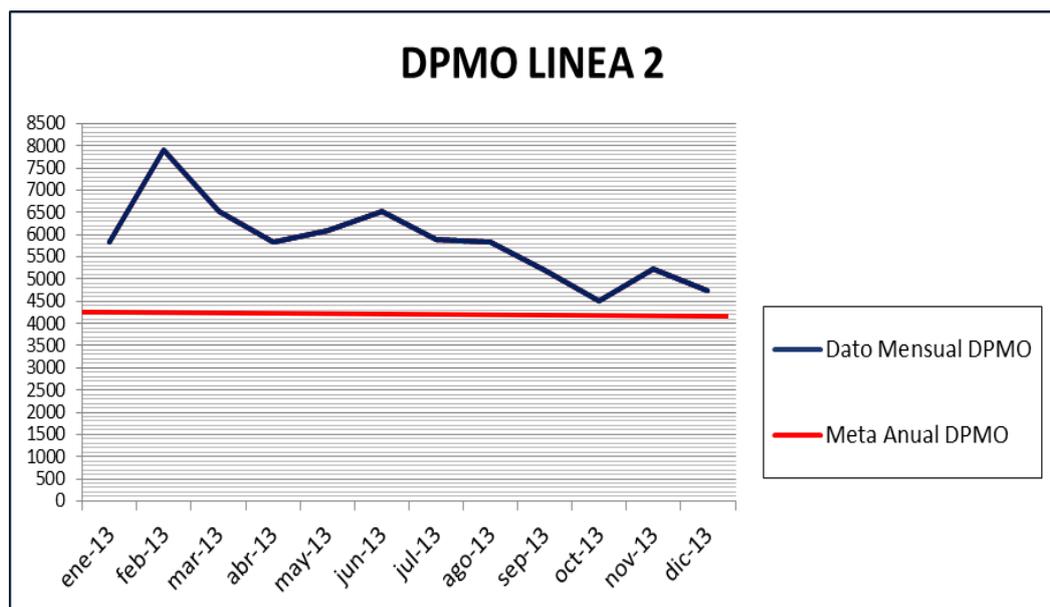


FIGURA 3.1 COMPORTAMIENTO MENSUAL DPMO AÑO 2014

### **3.1.2 Objetivo del Proyecto**

Mejorar el desempeño del indicador Inspección Final de Calidad en Línea #2 aplicando la metodología DMAIC como estrategia para alcanzar la meta propuesta del indicador DPMO 4286, mejorando 5841 de DPMO alcanzados en el año 2013, considerar que la meta establecida es actualizada cada año por parte del análisis corporativo en el establecimiento de metas a nivel general de la compañía.

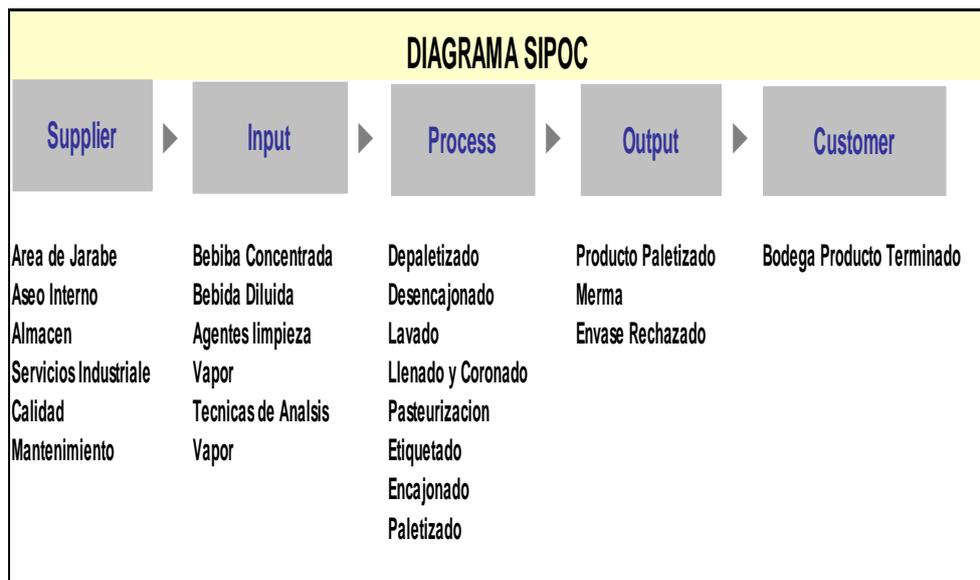
### **3.1.3 Alcance**

El alcance del proyecto está definido en las siguientes áreas:

- Línea #2 Embotellado, formato retornable y no retornable
- El área de Aseguramiento de Calidad, es la encargada del soporte analítico y facilitadora de recursos de medición y capacitación.
- El Área de Producción, es la encargada de definir y prestar el recurso humano para las tareas productiva, correcto uso de equipos y control de la producción.
- El área de Mantenimiento, es la encargada del soporte correctivo y preventivo en las especialidades eléctricas y mecánica aplicada a los equipos del área de Embotellado.

### 3.1.4 Métricas del proyecto

La Y principal o el métrico primario será el Indicador de **Inspección Final de Calidad** cuantificado como DPMO. En el presente proyecto no se establecieron métricas con respecto a algún impacto económico ya que el mejoramiento del indicador Inspección Final Calidad impactará únicamente a la calidad del producto embotellado y en su defecto a la percepción del consumidor con respecto al producto.



**FIGURA 3.2 DIAGRAMA SIPOC**  
Elaborado Por: Cristian Vite Moncayo 2015

Previo a las mediciones fue necesario conformar el equipo de trabajo el cual se tomaron las siguientes consideraciones:

- Conocimiento
- Acceso a la información
- Gestión de Recursos

**TABLA 7**

**MIEMBROS DEL EQUIPO DMAIC**

**Elaborado Por:** Cristian Vite Moncayo 2015

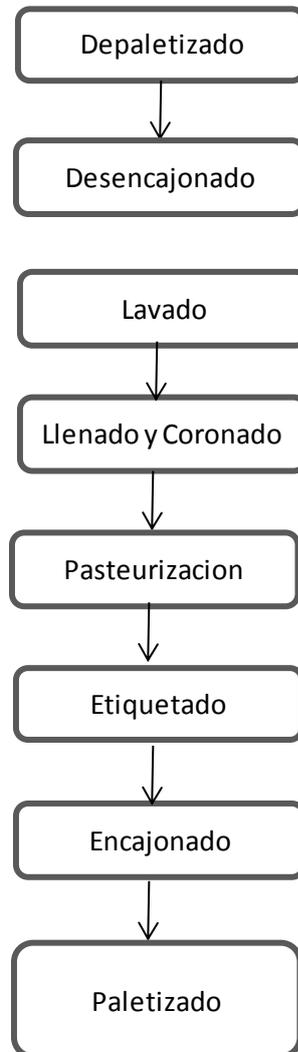
PATROCINADOR	Gerente Planta
TUTOR	Jefe de Produccion
BLACK BELT	Gerente de OM
EQUIPO DE MEJORA	Analista Procesos Supervisor de Produccion Jefe de Calidad Jefe Mantenimiento Operadores Etiquetadora Especialista Mecanico

### 3.2 Medir

El propósito de la fase de medición es establecer técnicas para la recolección de información acerca del desempeño del indicador Inspección Final de Calidad en el año 2013, utilizando los archivos electrónicos del registro de DPMO por turno de producción, Una de las primeras actividades del equipo DMAIC fue establecer en tiempo



A continuación se detalló el proceso de envasado el cual sirve como una perspectiva del panorama general del proceso.



**FIGURA 3.3 DIAGRAMA FLUJO PROCESO**

Elaborado Por: Cristian Vite Moncayo 2015

El proceso de elaboración de bebida embotellado tiene 3 etapas importantes las cuales se realizan de manera continua dentro de la línea de embotellado y describen a continuación:

**Preparación envase retornable.-** Las botellas son transportadas por medio del transportador neumático desde la **Depaletizadora** hacia la **Lavadora de Botellas**. el envase llega a la máquina donde es rociado por una cantidad de detergente (hidróxido de sodio al 2%) para eliminar cualquier agente contaminante, durante este proceso cada 60 minutos los auditores de calidad realizan la medición de parámetros correspondientes al proceso de lavado para verificar que se cumplan con los requerimientos de limpieza escritos en los procedimientos, luego si los parámetros están dentro de especificaciones el envase continúa hasta la llenadora de botellas

**Envasado y Coronado-** De acuerdo a lo planificado en el programa de producción se envasa el sabor de bebida que viene desde el área de sala de jarabe por medio de bombas centrifugas, al llegar a los equipos de frío sean estos se empieza a hacer la mezcla de agua y jarabe para alcanzar los grados Brix deseados dependiendo el producto que se vaya a envasar, estos parámetros son

monitoreados por una pantalla digital que tiene cada equipo y de manera manual cada 30 minutos por los auditores de calidad. Con los parámetros en orden la bebida recircula por un tanque para ser carbonatada y es enviada por medio de bombas a la llenadora de botellas donde por medio de un sistema de llenado mecánico (igualación de presiones-llenado y despresurización) llena la botella y esta pasa al coronador o capsuladora dependiendo el tipo de envase para luego pasar a ser codificada en este paso se imprime en la botella la fecha de elaboración y caducidad, en que línea de embotellado se realizó y la hora.

**Etiquetado.-** Los envases que llegan al transportador de entrada en posición recta, se espacian por medio del tornillo sin fin y se transfieren a la mesa porta-botellas mediante la estrella de entrada.

Aquí los envases quedan firmemente sujetos y centrados entre porta-envases y tulipas centradoras. El conjunto etiquetador coloca las etiquetas en los envases por la acción combinada de:

Carrusel de paletas, rodillo encolador y cuchilla de adhesivos, además del adhesivo

Carro de etiquetas y almacén de etiquetas

Cilindro de transferencia

**Encajonado.-** La botella etiquetada es llevada por medios de transportadores a la maquina encajonadora la cual se encarga por medio de un sistema de agarre individual de botellas de colocarlas sobre las cajas plásticas, estas cajas son movidas por medios de transportadores de cadena hacia la maquina **Paletizadora** en el cual se colocan las cajas sobre pallets de madera formando 4 pisos de 16 cajas cada uno y son numerados y entregados al área de Bodega Producto Terminado

### **3.2.2 Mapa de Proceso Detallado**

Con la finalidad de identificar los componentes claves de la cadena productiva se procede a realizar un bosquejo del “Macro Mapa” del proceso, en el cual además de señalar la ubicación del proceso al que pertenece, para la construcción de la herramienta han sido considerados los pasos relevantes del proceso, debido a que la característica principal de un “Macro Mapa” es un diagrama de flujo a alto nivel.

Se describe cada una de las etapas del proceso de envasado con las entradas y salidas para determinar cuáles cumplen o no las especificaciones. Según la Tabla 9. Se detalla cada una de las etapas en el cual se evidencia que el proceso se encuentra

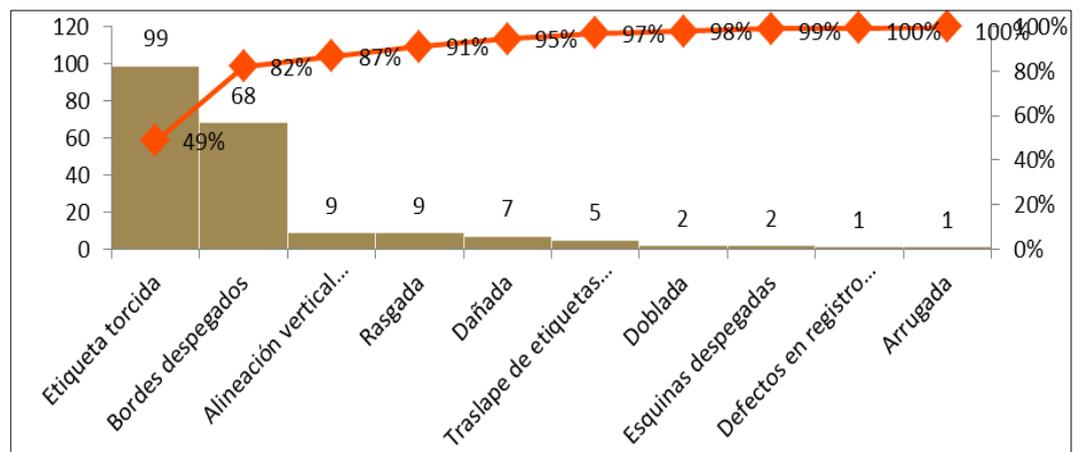
controlado en lo que compete al plan de calidad establecido para el área a excepción del Análisis de Inspección Final de Calidad el cual presenta mediciones por encima de la meta establecida.

**TABLA 9**  
**MAPA PROCESO DETALLADO**

Detalle Proceso	Entrada y Salida	E/S	Especificacion	C/NC	Equipo
<b>Depaletizado</b>	Envase Vacio	Salida	N/A		Depaletizado
	Pallets Vacio	Entrada	N/A		Alamcen Paletas
<b>Desencajonado</b>	Cajas LLenas	Entrada	N/A		Desencajonadora
	Envase Vacio	Salida	N/A		
	Cajas Vacias	Salida	N/A		
<b>Lavado</b>	Botellas Vacias Sucias	Entrada	N/A		Lavadora de Botellas
	Vapor	Entrada	100 °C	C	
	Agua	Entrada	70 °C	C	
	Detergente	Entrada	2%NaOH	C	
	Dioxido de Cloro	Entrada	0.30 - 0.50 % ClO2	C	
	Botellas Vacias Limpias	Salida	N/A		
<b>Llenado</b>	Bebida	Entrada	10 °C 2.70% CO2 20 - 30 °Brix	C C C	Llenadora
	Botellas Vacias	Entrada	N/A		
	Botella Envasada	Salida	3.40 - 3.80% CO2 10 20°Brix Vol Nominal +/-1%	C C C	
	Botellas Envasada	Entrada	N/A		
	Tapas	Entrada	3.40 - 3.80% CO2	C	
<b>Coronado</b>	Botella Tapada	Salida	Torque 2-4 Nm Sellabilidad 100%	C C	Coronador
	Botella Tapada	Entrada	N/A		
	Agua	Entrada	N/A		
<b>Pasteurizado</b>	Vapor	Entrada	60 °C 8 - 20 UP	C C	Pasteurizador Tunel
	Botella Pasteurizado	Salida	20 °C	C	
	Botella Pasteurizada	Entrada	20 °C	C	
	Etiqueta	Entrada	N/A		
<b>Etiquetado</b>	Goma	Entrada	N/A		Etiquetadora
	Botella Etiquetado	Salida	N/A		
	Botella Etiquetada	Entrada	N/A		
<b>Encajonado</b>	Cajas Vacias	Entrada	N/A		Encajonadora
	Cajas LLenas	Salida	Max 4286 DPMO	N/C	
	Cajas LLenas	Entrada	N/A		
<b>Paletizado</b>	Pallets Vacios	Salida	N/A		Paletizadora
	Producto Paletizado	Salida	N/A		

### 3.2.3 Diagrama de Pareto.

Con el objetivo de segmentar el caso de estudio se realizó un Diagrama de Pareto considerando como variable los datos registrados en la planilla de Inspección Final de Calidad, tal como se muestra en la figura 3.4 en la que se muestra que los defectos de Etiqueta Torcida y Borde Despegado suman el 82% de defectos, sobre estas áreas se trabajó y se enfocaron las mejoras con sus respectivas causas.



**FIGURA 3.4 DIAGRAMA DE PARETO INSPECCIÓN FINAL DE CALIDAD.**

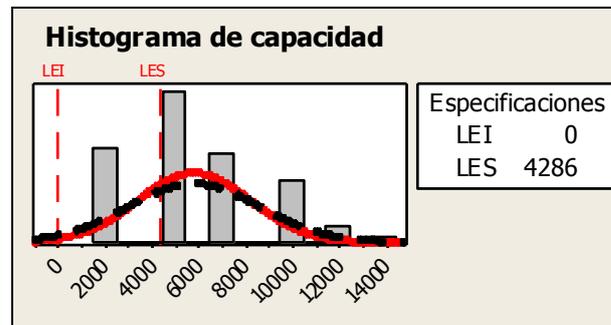
**Elaborado Por:** Cristian Vite Moncayo 2015

### 3.2.4 Capacidad de Proceso Actual

Una vez definidas los atributos de etiquetado que mayormente presenta novedades se realizó un plan de ejecución de actividades definidas por el equipo DMAIC, en primera instancia se estableció la

recolección de datos consolidados en el registrador de Inspección Final de Calidad cuantificado en unidades de DPMO.

Como el proceso tiene solamente un límite de especificación superior, se calculó el índice de capacidad como CP, para el cual se estimó la variación total del proceso tomando la desviación estándar de todas las lecturas individuales obtenidas a partir de la recolección de datos mensuales 2013.



**FIGURA 3.5 HISTOGRAMA DPMO AÑO 2013**

**Elaborado Por:** Cristian Vite Moncayo 2015

A partir del histograma se observó que más del 50% de los resultados tienen valores de DPMO muy alejados de la meta establecida 4286

**TABLA 10**  
**CATEGORIZACIÓN DEL VALOR CP (4)**

$C_p > 2$	<b>Calidad Seis Sigma</b>
$1,33 < C_p < 2$	<b>Proceso adecuado o capaz</b>
$1 < C_p < 1,33$	<b>Parcialmente Adecuado</b>
$0,67 < C_p < 1$	<b>Análisis Necesario</b>
$C_p < 0,67$	<b>No adecuado</b>

**TABLA 11**  
**DATOS DEL PROCESO 2013 Y CAPACIDAD**

<b>Especificacion Superior</b>	<b>4286</b>
<b>Cp</b>	<b>0,35</b>
<b>Tamaño Muestra</b>	<b>75uni</b>
<b>Promedio</b>	<b>5841</b>

En función del índice de capacidad se puede observar que el proceso se encuentra en 0.36 colocándose en la categoría de No Adecuado según el criterio de la tabla 11.

### 3.3 Analizar

Una vez que se tiene caracterizado el proceso en cuanto a las entradas y salidas, se da inicio a la etapa de Análisis cuyo objetivo

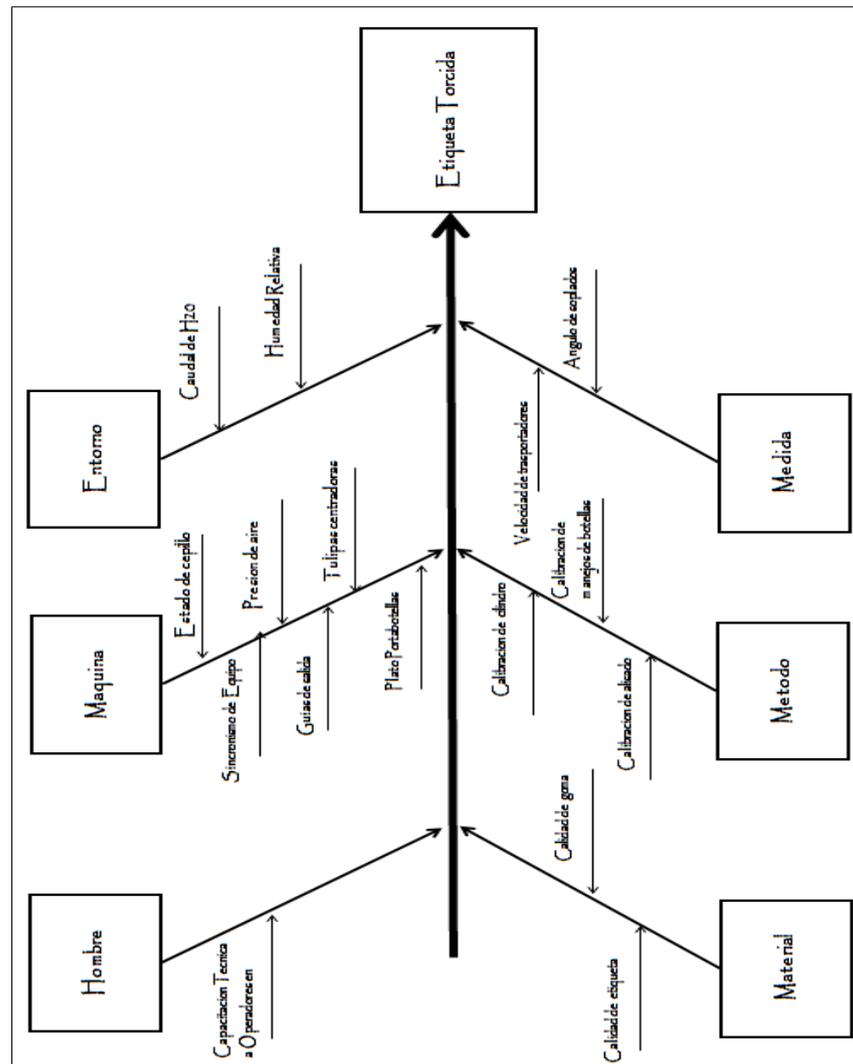
será establecer la relación que exista entre la variable de entrada y salida del proceso, previo a la utilización del diagrama de Ishikawa se utilizó la herramienta Lluvia de Ideas para tener una mejor visión de las causas desde el punto de vista del equipo de trabajo

### **3.3.1 Diagrama Espina Pescado**

Como herramienta para identificar las causas principales que podrían estar afectando el indicador de Inspección Final de Calidad se realizó un diagrama de Ishikawa, para lo cual se estableció una reunión entre el equipo desarrollador del proyecto en conjunto con el departamento de producción y mantenimiento para que compartieran su experiencia y criterio en la solución del problema, se planifica en dos días de reunión en primera instancia se exponen los datos acumulados y la situación crítica en que se encuentra el Indicador Inspección Final de Calidad y las posible causas se toma la herramienta Lluvia de Ideas para desarrollar esta actividad.

**TABLA 12****LLUVIA DE IDEAS EQUIPO DMAIC**

<b>Lluvia de Ideas Proyecto DMAIC L2</b>
Calibracion de Equipos
Destrezas Operacional
Velocidad de Equipos
Preparacion de Arranque de Etiquetadora
Analisis de DPMO
Estado de los Implementos de Etiquetado
Falta de Capacitacion Operacional
Condiciones Ambientales del Area



Elaborado por: Cristian Vite Año 2015

**FIGURA 3.6 DIAGRAMA DE ISHIKAWA EQUIPO DMAIC.**

### 3.3.2 Matriz Causa y Efecto

Finalizado el Diagrama de Ishikawa se elaboró la matriz causa y efecto, cuyo propósito fundamental es cuantificar las entradas claves del proceso de embotellado delimitando exclusivamente al

proceso de Etiquetado. Para la elaboración de la Matriz de Causa y Efecto se reunió al personal Equipo DMAIC y se tomó la decisión de entregar el formato establecido por la compañía a los tres especialistas de mantenimiento de mayor experiencia y una vez llena el formato, se procedió a consolidar en un formato final el cual se muestra en el Formato Tabla 13 para así determinar la relación existente en las entradas X's y salidas Y's planteadas inicialmente.

**TABLA 13**  
**MATRIZ CAUSA Y EFECTO**

MATRIZ CAUSA EFECTO		Variables de salida Y s			Total	Prioridad
		Bordes Despegados	Alineacion Cuerpo Cuello	Etiqueta Torcida		
		0,40	0,38	0,21		
variable de entrada X's	Pasteurizador					
	Caudal H2O	0	0	3	0,64	0,64
	Temp H2O	0	0	0	-	
	Secado					
	Presion de aire	9	0	9	5,57	16,71
	Angulo de soplado	9	0	9	5,57	
	Velocidad de Tx	9	0	9	5,57	
	Ingreso de botellas					
	Plato portabotellas	3	3	3	3,00	6,21
	tulipa centradora	3	3	3	3,00	
	calibracion estrella	0	0	1	0,21	
	guia de entrada	0	0	0	-	
	Preparacion					
	CALIBRACION DE PALETAS	9	1	1	4,24	29,14
	DOSIFICACION DE GOMA	9	0	9	5,57	
	CALIDAD DE ETIQUETA	1	0	1	0,62	
	CALIBRACION DE CILINDRO	9	3	9	6,71	
	SINCRONISMO DE EQUIPO	9	9	9	9,00	
	DESTREZA DE OPERADOR	3	3	3	3,00	
	Pegado					
	HUMEDAD RELATIVA	3	0	3	1,86	3,71
	ALIMENTACION ETIQUETA	3	0	3	1,86	
	Alisado					
	CALIBRACION CEPILLO	9	3	9	6,71	12,29
	ESTADO CEPILLO	9	0	9	5,57	
	Salida					
	GUIA DE SALIDA	1	0	1	0,62	0,62

### **3.3.3 Determinación de Causas Raíces**

Luego de identificar las causas potenciales de pérdidas se creó una Matriz de Valoración (Tabla 14) de mejoras a realizar y estas se clasificaron según el impacto y control que estas tendrían al ser implementadas. Para medir el impacto de las mejoras se asignaron dos criterios fundamentales para la línea de Embotellado, estos son: Mejora en la calidad del producto, Otorga seguridad para los controladores. Para medir el nivel de control para implementar las mejoras se asignó valor estableciendo una escala del 1 al 4, siendo la primera un grado de control bajo y la segundo un grado de control alto respectivamente, considerar que la ejecución de esta tabla de valoración fue ejecutada por el Jefe de Mantenimiento Mecánico junto con el Jefe de producción de Línea.

TABLA 14

## MATRIZ DE VALORACIÓN EQUIPO DMAIC

Matriz de Valoracion Grupo DMAIC L2					
Accion		Impacto		Nivel de Impacto	Control
N°	Descripcion	¿Mejora en la Calidad del producto?			
		No: 0	Si: 2	No: 0	Si: 2
1	Presion de Aire	0	0	0	0
2	Angulo de Soplado	2	2	4	3
3	Velocidad de Transportadores	0	0	0	1
4	Calibracion de Paletas	2	2	4	2
5	Doscificacion de Goma	0	0	0	2
6	Calidad de Etiqueta	0	0	0	1
7	Calibracion de Cilindro	2	2	4	0
8	Sincronismo del Equipo	2	2	4	4
9	Destreza del Operador	2	2	4	2
10	Calibracion de Cepillo	0	0	0	1
11	Estado del Cepillo	2	2	4	1

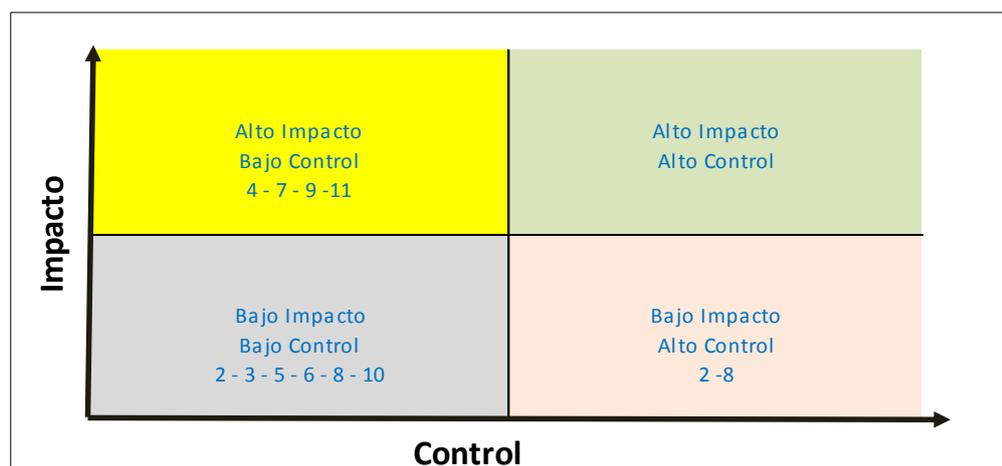


FIGURA 3.7 GRAFICA RESULTADOS VALORACIÓN,

Elaborado Por: Cristian Vite Moncayo 2015

En la tabla 15 se muestra una matriz de priorización utilizada como herramienta para determinar bajo un criterio cuantitativo los resultados descritos en la matriz de valoración empleada anteriormente y así poder determinar efectivamente las mejoras al proceso. La zona A (Alto impacto/Bajo esfuerzo) recaen las mejoras 4,7,9 y 11 sobre estas causas se debería trabajar para la mejora del indicador.

En base a los resultados obtenidos en la matriz de valoración se determina que las variables con mayor impacto y menor esfuerzo son:

- Calibración de Paletas de Engomado
- Calibración del Cilindro de Transferencia
- Destreza Operativa en Producción
- Estado del Cepillo de Alisado

TABLA 15

**MATRIZ VERIFICACIÓN EQUIPO DMAIC**

Elaborado Por: Cristian Vite Moncayo 2015

¿ Qué verificar (Xs) ?	Cómo influye con respecto a mi Y	Cómo pienso verificarlo
<b>Calibracion de Paletas</b>	Mala calibracion en la altura y segmentacion en paletas de engomado ocasiona desnivel en el posicionamiento de la etiqueta en la botella, debido a	Evolucion de DPMO por grupos de produccion
<b>Calibracion de Cilindro de Transferencia</b>	Mala calibracion en los cilindros ocasionaria un agarre en destiempo de la etiquetas en las paletas y ocasionaria un mal posicionamiento de la etiqueta en la botella	Evolucion de DPMO por grupos de produccion
<b>Destreza Operativa en Produccion</b>	Disciplina operativa de ejecutar correcta limpieza y mantenimiento predictivo en los elementos de etiquetado. Definir los conceptos de criterio en la evaluacion del DPMO del turno de produccion	Registro de Produccion de Actividades
<b>Estado Cepillo de Alisado</b>	El estado deteriorado del cepilli de alisado ocasiona que el alisado final de la etiqueta no se efectue correctamente	Evolucion de DPMO por grupos de produccion

**Análisis 5 Por Que**

Luego de identificar posibles causas potenciales para la desviación en el Indicador Inspección Final de Calidad, se realizó un análisis con la herramienta 5 por qué, con el fin de descubrir por qué suceden las causas identificadas.

**TABLA 16**  
**MATRIZ 5 POR QUE EQUIPO DMAIC**  
 Elaborado Por: Cristian Vite Moncayo 2015

5 Por Que DMAIC L2
<b>Problema: Calibracion de Paletas</b>
1,- ¿Por que?: Paletas de en gomado en mal estado operativo
2,- ¿Por que? Falta de mantenimiento predictivo y Limpieza
3,- ¿Por que? Falta de capacitacion a Operadores
<b>Problema: Calibracion de Cilindro de Tranferencia de Etiqueta</b>
1,- ¿Por que?: Limitaciones de Operadores en Conocimetos Tecnicos
2,- ¿Por que? Falta de Atencion en Oportunidades de mejora en la operación
3,- ¿Por que? Excesivos problemas tecnicos por uso de repuestos economicos
<b>Problema: Destreza Operativa en Produccion</b>
1,- ¿Por que?: Limitaciones de Operadores en Habilidades Tecnicos
2,- ¿Por que? Desbalanceo en los grupos de produccion
3,- ¿Por que? Falta de analisis en las habilidades tecnica del personal operativo
4,- ¿Por que? Capacitaciones y evaluacion constante del personal operativo
5,- ¿Por que? Limitaciones de Herramientas de Control y Estandarizacionen tecnicas
<b>Problema: Estado Cepillo de Alisado</b>
1,- ¿Por que?: Mal Alisado ocasiona una mala posicion en la etiqueta
2,- ¿Por que? Cepillo deteriorados y con hebras dañadas
3,- ¿Por que? Falta de Control del Personal Operativo
4,- ¿Por que? Falta de herramientas de control de las limpiezas de elementos
5,- ¿Por que? No existe Cambio de Elementos de Alisado en Deterioro

En la tabla 16 se identifican el último porque realizado a cada una de las causas con mayor impacto y menor esfuerzo, considerar para Calibración de Paletas y del Cilindro de Etiquetas se determinó que el motivo raíz se debe a la Falta de Recursos y Planificación de

Capacitaciones al personal operativo. Y en la causa Destreza Operativa en producción se determinó el motivo raíz como la Falta de Herramientas de Control y Estandarización de la Documentación existente, este último por que se enlaza a los dos anteriores ya que es un complemento a las capacitación que se deberían de dar al personal y de esta manera realizar una mejora en sus habilidades técnicas y mejorar sus recursos de aprendizaje. Finalmente en la causa Estado del Cepillo se determinó que al no existir un cambio de elementos en mal estado ocasiona un impacto a la presentación de la etiqueta ocasionando un mal posicionamiento.

**TABLA 17**  
**LISTADO DE CAUSA RAÍCES**

Listado de Causas Raices	
X's Variable Proceso	Ultimo Por Que
Calibracion Paletas y Cilindro	Falta Capacitacion Operadores y uso de repuestos economicos
Destreza Operativa	Limitaciones de Herramientas de Control y Estandarizacion de Tecnicas
Estado Cepillo de Alisado	No existe Cambio de Elementos de Alisado en Deterioro

### 3.4 Implementar

A continuación se detallan las causas que afectan directamente al indicador Inspección Final de Calidad junto con las soluciones que se obtienen en consenso con el equipo de producción,

mantenimiento y calidad adicional se incluye el valor de la inversión el cual se estableció en el presupuesto para el año 2014.

**Tabla 18 Tabla de Mejoras**

CAUSA RAIZ	SOLUCION	EJECUTA	INVERSION
Falta de Capacitaciones	Planificar capacitacion a los grupos de produccion con programas detallados	Mantenimiento Produccion	\$ 450
Estandarizacion de Herramientas de Control	Implementacion de Registro de produccion detallando defectos de etiquetado y frecuencias de limpieza de elementos	Calidad	\$ 0
Estandarizacion de Documentacion	Implementacion de Galgas de Etiquetado	Calidad	\$ 400
Falta de Cambio de Elementos de Alisado	Verificar estaso de cepillos y cambiar si fuese necesario	Mantenimiento	\$ 900

### 3.4.1 Mejoras

Dentro de las mejoras clasificadas como alto impacto / bajo esfuerzo se menciona a las capacitaciones operativas estandarización de documentación y cambio de elementos de alisado, la metodología desarrollada en cada una de las mejoras implementadas fue discutida y planificada por el equipo DMAIC

**Capacitaciones.-** El equipo de mantenimiento prepara capacitaciones a través de sus especialistas mecánicos para impartir a los operadores de los cuatro grupos de producción, con el objetivo de mejorar sus habilidades técnicas en el manejo de etiquetadora y sus respectivos cambios de formatos y

mantenimiento predictivo y correctivo, a continuación se detalla el programa resumido.

- Tema 1 Preparación de Equipo y Utilización de Galgas Etiquetado(4h)
- Tema 2 Calibración de Paletas y Dosificación de Goma (4h)
- Tema 3 Preparación de Cilindros de Tránsito de etiqueta (3h)
- Tema 4 Sincronización de equipo parado y velocidad nominal. (1h)
- Tema 5 Lubricación y mantenimiento predictivo de partes (2h)

**TABLA 19**

**CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN**

Elaborado Por: Cristian Vite Moncayo 2015

ACTIVIDADES REALIZADAS		RESPONSABLE		Noviembre	Diciembre	Enero	% Cumplimiento
1	<b>Organización Jornadas de Capacitación Operativa</b>		P	■ ■ ■ ■			100,00%
	Elaboración de programa	Jefe Mto Mecánico	R	■			
	Gestión de Recursos (break, recurso académico, sala, reconocimiento)	Jefe Producción	R	■			
2	<b>Capacitación Grupo 1 y 3</b>	Especialistas Mecánicos	P		■ ■ ■ ■		100,00%
	Tema 1		R		■		
	Tema 2		R		■		
	Tema 3		R		■		
	Tema 4		R		■		
	Tema 5 y Evaluación Final		R		■		
3	<b>Capacitación Grupo 2 y 4</b>	Especialistas Mecánicos	P			■ ■ ■ ■	100,00%
	Tema 1				■		
	Tema 2				■		
	Tema 3				■		
	Tema 4				■		
	Tema 5 y Evaluación Final				■		

- **Actualización de Registro de Producción**

El registro con los datos de operación no significaban una ayuda de trazabilidad e información relevante, por lo que se decide modificarlo (**Ver Anexo 3**) y se incluyendo los siguientes ítems con su respectiva especificación de trabajo donde aplique.

- Verificación dos veces por turno del DPMO.
- Defectos Encontrados
- Check List de Limpieza de Paletas, Cilindro, Cepillo y Bomba de goma.
- Lote de Goma y Etiqueta.
- Verificación por hora de calidad de codificado y etiquetado.

- **Implementación de Galgas de Etiquetado y Capacitación**

**de uso.-** El área de Calidad Asegurada gestiona la compra de galgas de etiquetado para garantizar la confiabilidad en primer instancia de confiabilidad de la medición de la calidad del etiquetado eliminado la subjetividad en la interpretación del operador, para lo cual se adquieren galgas con el plano de etiquetado impreso y las especificaciones mínimas y

máximas de altura, traslape, orientación y alineación de la etiqueta en la botella. Fecha de llegada a planta 07 de marzo del 2014

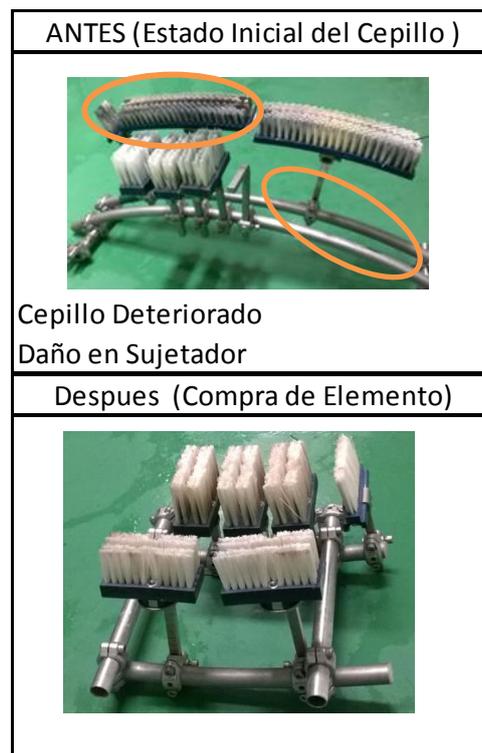


**FIGURA 3.7 GALGAS DE ETIQUETADO L2**

- **Verificación de Estado de Cepillo.-** En jornada de Mantenimiento de Línea se realiza la verificación de los estados de los cepillos con el objetivo de verificar su correcto funcionamiento en la máquina, a continuación se detalla el Inventario y su estado.

**TABLA 20**  
**VERIFICACIÓN ESTADO DE CEPILLO**

Elemento	Formato	Observaciones	Accion
Cepillo Posterior	Retornable	Cerdas dañadas y manchadas	Cambio
Cepillo Central	Retornable	Cerdas manchadas	Ejecutar Limpieza
Cepillo lateral	Retornable	Daño en sujetador	Ejecutar cooreccion de amarra
Cepillo Posterior	No Retornable	Cerdas dañadas	Dañado
Cepillo Central	No Retornable	Cerdas dañadas	Dañado
Cepillo lateral	No Retornable	Sin novedad	Ninguna



**FIGURA 3.8 CAMBIO DE ELEMENTOS DE ALISADO**

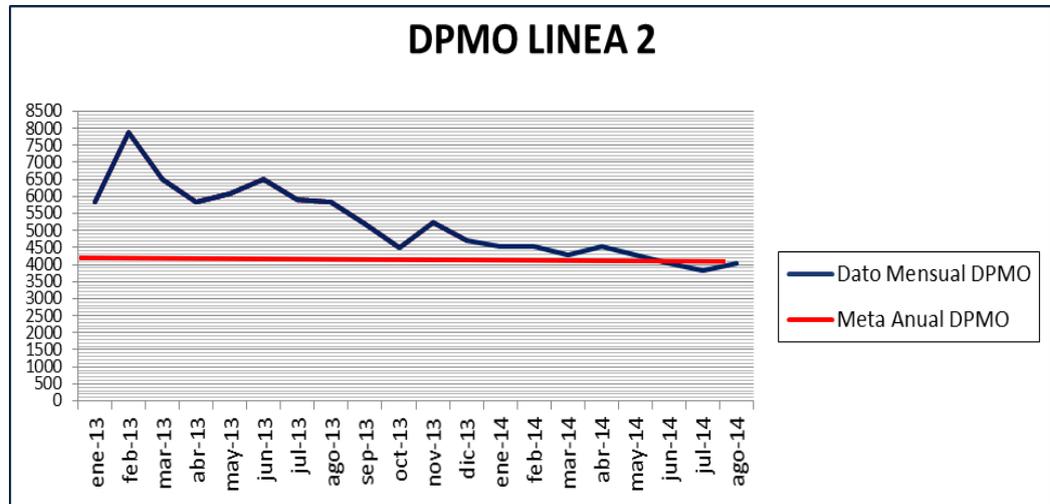
Elaborado Por: Cristian Vite Moncayo 2015

### Mejoramiento del Indicador.

En la tabla 15 y figura 3.6 se resume la evolución del DPMO generado mensualmente una vez implementando cronológicamente las mejoras según el tiempo establecido.

**TABLA 21**  
**RESULTADOS DPMO AÑO 2014**

Mes	DPMO	Mejora Implementada
Enero	4547	Capacitacion de Preparacion de Maquina y calibracion 50%
Febrero	4547	Capacitacion de Preparacion de Maquina y calibracion 100%
Marzo	4286	Utilizacion de Galgas de Etiquetado Utilizacion de Registro Produccion Actualizado
Abril	4547	Cambios de Elementos de Alisado Cambio de Blower de Soplado
Mayo	4286	Ejecucion de Plan Control
Junio	4025	Ejecucion de Plan Control
Julio	3825	Ejecucion de Plan Control
Agosto	4025	Ejecucion de Plan Control



**FIGURA 3.9 EVOLUCIÓN DPMO AÑO 2014**

Elaborado Por: Cristian Vite Moncayo 2015

**TABLA 22**

**DATOS PROCESO 2014**

<b>Especificacion Superior</b>	<b>4286</b>
<b>Cp</b>	<b>1,68</b>
<b>Tamaño de Muestra</b>	<b>75</b>
<b>Promedio</b>	<b>4268</b>

**TABLA 23**

**CATEGORIZACIÓN CP**

$C_m > 2$	Calidad Seis Sigma
$1.33 < C_m < 2$	Proceso adecuado o proceso capaz
$1 < C_m < 1.33$	Parcialmente adecuado
$0.67 < C_m < 1$	Análisis muy necesario
$C_m < 0.67$	No adecuado

Una vez establecidas todas las mejoras se evidencia en la figura 3.9 que el DPMO a partir del mes Marzo-14 ingresa dentro de la meta establecida en la planta. A su vez en la tabla 22 se evidencia que el CP calculado por el recuento de las 75 datos de DPMO establecidos entre el mes de Enero y Agosto del 2014 tiene un  $C_p=1.68$  demostrando que el proceso se encuentra adecuado y capaz según la tabla X.X

### **3.5 Controlar.**

#### **3.5.1 Plan de Acción y Reacción**

Con el Objetivo de asegurar que se mantengan la implementación de las mejoras en el proyecto DMAIC, se creó e implemento una serie de documentos, procedimientos y registros a ser llenados por la operación en cada uno de los turnos y que se detallan a continuación.

- Estandarización del Instructivo de Calibración de Paletas y Cilindro de Transferencia **APÉNDICE 01**

Adicional al instructivo de trabajo del proceso de Etiquetado se generó un documento en el que se detalla paso a paso cada una de las mejoras y actividades que se deben realizar en la preparación de la máquina, calibración de arranque y control de

producción. Este documento queda en el lugar de operación y servirá de ayuda para el operador y supervisor de producción.

- Estandarización del Proceso de Limpieza y Mantenimiento preventivo de elementos mecánicos en etiquetadora y secador de botellas **APÉNDICE 02**

Se genera un Instructivo de trabajo periódico en el área de planificación, con el fin de evidenciar periódicamente la verificación del estado de los materiales de recambio mecánico en la Etiquetadora y Soplador de Botellas, los documentos se dividen en Órdenes de Limpieza y Mantenimiento Preventivo.

- Registro de Operación por turno de producción **APÉNDICE 03**

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se determinó el resultado obtenido en cada etapa de la metodología DMAIC implementada y tendrá como objetivo dar conclusiones y observaciones a la mejora del indicador Inspección Final de Calidad con la finalidad de mejorar el desempeño anual.

### **Conclusiones**

#### ▪ **Definir**

Dentro de esta etapa se lograron los siguientes resultados:

- Se establecieron resumió la situación actual del indicador demostrando su estado en rojo debido a los resultados del año 2011, 2012, 2013
- Se establecieron los objetivos a través de datos de de la metodología SMART

- Se estableció el alcance del proyecto definiendo las lugar y prioridades de las áreas involucradas, Producción aporta con recurso humano y control de producción, Calidad encargada de prestar el soporte analítico y recurso de medición y Mantenimiento soporte técnico de prevención y corrección en los equipos de producción en sus especialidades mecánica, eléctrica, electrónica.
- Se estableció la conformación del Equipo interdisciplinario de trabajo
- DMAIC
- Considerar que el proyecto no aporta resultados económicos debido que beneficia a la calidad y presentación del producto para el consumidor
- Se define como métrico primario el indicador Inspección Final de Calidad.

▪ **Medir**

- Mediante la estratificación del problema se estableció que para alcanzar la meta establecida era importante corregir la afectación de Etiqueta Torcida según la planilla de datos recolectados durante el periodo 2012, 2013

- En función del índice de capacidad calculado se puede observar que el proceso se encuentra en 0.36 colocándose en la categoría de No Adecuado según el criterio Six Sigma.

- **Analizar**

- Con la utilización de la matriz de Causa y Efecto se identificaron las  $X_s$  que probablemente afecten de forma directa e indirecta al indicador de Inspección Final de Calidad, posteriormente con un análisis profundo de causa raíz se determinó a las  $X_s$  con un impacto directo al indicador utilizando una matriz de valoración utilizando las variables de esfuerzo y control, el cual fue puntuado por el equipo de especialistas con mayor experiencia del área, con lo que se obtuvo;
  - ✓ Calibración de Paletas de Engomado
  - ✓ Calibración del Cilindro de Transferencia
  - ✓ Destreza Operativa en Producción
  - ✓ Estado del Cepillo de Alisado

- **Implementar**

- Se puede establecer que para el cumplimiento del indicador es crítico el asegurar en el proceso los siguientes puntos:

<b>SOLUCION</b>
Planificar capacitacion a los grupos de produccion con programas detallados
Implementacion de Registro de produccion detallando defectos de etiquetado y frecuencias de limpieza de elementos
Implementacion de Galgas de Etiquetado
Verificar estaso de cepillos y cambiar si fuese necesario

- La aplicación de la metodología DMAIC para el desarrollo del proyecto permitió mejorar el indicador Inspección Final de Calidad que en el año 2013 cerró con 5841 de DPMO acumulado considerando que la meta establecida es de 4286 de DPMO, a partir del mes de febrero-2014 que finalizo la implementación de mejoras el Indicador entro en especificación siendo el promedio acumulado en el año 2014 de 4025 de DPMO.

### **Recomendaciones**

- Debe existir en el área capacitación del personal a todo nivel acerca del proceso objeto de este estudio sobre los cambios que se han efectuado buscando generar sentido de pertenencia en el personal y establecer el cumplimiento de metas que ayuden a generar confianza para el cumplimiento del Indicador.

- Se deben llevar a cabo auditorías periódicas de las operaciones, para confirmar que las actividades operativas se están llevando a cabo de acuerdo con las normas de funcionamiento. Si no es así, decidir si hay que revisar las normas, re-educar, re-entrenar o volver a motivar a los operadores.

# APÉNDICES

## **APENDICE 01**

## **APÉNDICE 02**





## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Cervecería Nacional, Haciendo la Diferencia - Reporte Anual 2012, Disponible en:  
[http://www.cervecerianacional.com.ec/Files/RevistaDigital/reporte\\_Anual\\_2012/index.html](http://www.cervecerianacional.com.ec/Files/RevistaDigital/reporte_Anual_2012/index.html), Fecha de acceso: Abril de 2012
- (2) BREYFOGLE III FORREST W., Implementing Six Sigma. Smarter Solutions Using Statistical Methods, Segunda edición, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2003
- (3) Introducción a Seis Sigma, Disponible en:  
[http://mexico.pma.org/magazine/aug07/pdf/seis\\_sigma.pdf](http://mexico.pma.org/magazine/aug07/pdf/seis_sigma.pdf), Fecha de acceso: Noviembre de 2014
- (4) \_Curso de Seis Sigma, Universidad Iberoamericana MX, 2006  
<http://www.uiberp.edu.mx> : Fecha de acceso Diciembre 2014
- (5) BREYFOGLE III FORREST W., CUPELLO JAMES M., MEADOWS BECKI, Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success, John Wiley & Sons, Inc., Primera edición, 2001
- (6) PANDRE, P., NEUMAN, R., CAVANAGH, R., *Las Claves de Seis Sigma*, 1ra Edición, McGraw-Hill/Interamericana, Madrid, España, 2004.
- (7) Tesis Universidad Universidad Don Bosco. PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA SEIS SIGMA A LAS EMPRESAS CERTIFICADAS CON ISO 9000 Y ORIENTADAS AL PROCESAMIENTO

DE PLÁSTICOS TRABAJO, Portillo Echegoyen, Ruddy, Soyapango, El Salvador

- (8) Tesis Escuela Superior Politécnica del Litoral. Implementación de la Metodología Seis Sigma para Reducir el Contenido de *Saccharomyces uvarum* en Cerveza Brillante, Viviana Cruz, Erick Cabrera, Ecuador 2014.
- (9) Presentación Curso Estadística Avanzada, Buestan Marcos, Cervecería Nacional Año 2014
- (10) Tutorial de Muestreo, Disponible en <Http://www.pisco.uniovi.es/dptopsicologia/métodos/tutor.5p3.html>, Fecha de Acceso Noviembre 2014
- (11) CROWN CORK AND SEAL INC., Libro de texto SPC (versión digital), 2006
- (12) 24. SANCHEZ CAROLINA, ÁVILA JESÚS, “Estadística Descriptiva Como Herramienta Empresarial” (Trabajo de curso especial de grado, Universidad de Oriente), Cumaná, 2008), Disponible en: [http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/3977/1/Tesis\\_CSYA.pdf](http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/3977/1/Tesis_CSYA.pdf), Fecha de acceso: Abril de 2014
- (13) PYZDEK THOMAS, The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Greenbelts, Blackbelts, and Managers at All Levels, McGraw-Hill, EEUU, 2003

