



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E  
INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGÍA SIX  
SIGMA EN UNA EMPRESA MAQUILADORA”

TESINA QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

JESSICA GALLARDO RAMÍREZ

DIRECTOR:

ING. PABLO LUIS MENDOZA MEDINA



MEXICO, D.F.

NOVIEMBRE 2015

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
1. INTRODUCCIÓN .....	4
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.2 OBJETIVOS .....	4
1.3 MATERIAS AUXILIARES .....	4
1.4 PRINCIPALES FUNCIONES DESEMPEÑADAS.....	5
1.5 HISTORIA DE LA EMPRESA .....	5
1.5.1 Política de Calidad .....	5
1.5.2 Visión.....	5
1.5.3 Misión.....	6
1.5.4 Organigrama.....	6
<b>CAPÍTULO II</b> .....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Six Sigma ( $6\sigma$ ) .....	7
2.2 DMAIC .....	7
2.2.1 DEFINIR.....	7
2.2.2 MEDIR.....	14
2.2.3 ANALIZAR.....	19
2.2.4 MEJORAR .....	22
2.2.5 CONTROLAR.....	27
<b>CAPÍTULO III</b> .....	29
3. IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA .....	29
3.1 Definir.....	29
3.1.1 Matriz de priorización.....	29
3.1.2 Carta de proyecto (Project Charter) .....	30
3.1.3 Voz del cliente- CTQ's .....	32
3.1.4 PEPSC (SIPOC).....	33
3.1.5 Mapeo de proceso.....	33
3.2 Medir.....	35

3.2.1 Gráfico de control .....	36
3.2.2 Medidas de desempeño .....	37
3.2.3 Diagrama de Pareto .....	38
3.2.4 Gráfico de Pie .....	40
3.3 Analizar .....	40
3.3.1 Nueve desperdicios .....	40
3.3.2 Diagrama de Ishikawa.....	41
3.3.3 Cinco por que's .....	43
3.3.4 Tormenta de ideas.....	43
3.4 Mejorar .....	44
3.4.1 Análisis de modo y efecto de la falla (AMEF) .....	44
3.4.2 Implementación de 5's .....	45
3.4.3 Implementación de Poka yoke .....	50
3.4.4 Implementación de SMED .....	51
3.5 Controlar .....	54
CONCLUSIONES.....	56
ANEXO 1.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	63

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 JUSTIFICACIÓN

Recientemente ha incrementado la necesidad de las empresas por ofrecer mayor calidad en sus productos y/o servicios que les permita atraer a la mayor cantidad de clientes, para ello, se han desarrollado diferentes metodologías que auxilian a las empresas para tener procesos más eficientes y con un alto estándar de calidad, una de ellas es Six Sigma.

En ese sentido, este proyecto muestra una de las formas en las que esta metodología se puede aplicar, describiendo las diferentes técnicas que se pueden aplicar y los resultados que se obtendrán de las mismas.

Se realizó la implementación de la metodología Six Sigma en una empresa maquiladora, específicamente en el acondicionamiento de shampoo, mediante las observaciones realizadas se pudieron detectar diversas áreas de oportunidad y puntos críticos que afectaban la productividad y la imagen proyectada hacia los clientes, como son: rechazos internos de producto, faltantes de piezas, distribución incorrecta de líneas de producción, etc.

Para estructurar las actividades a realizar se diseñó un programa de mejora continua, tomando en cuenta la prioridad de cada punto crítico y aplicando la metodología Six Sigma que contempla desde la fase de identificación de las principales razones de defectos y demoras en el proceso, recopilación y análisis de los datos del estado inicial del proceso, aplicación técnicas de mejora de Lean Manufacturing para estandarizar el proceso y disminuir errores y finalmente llevar un control para ver mejoras significativas y poder comparar el estado final con el inicial.

### 1.2 OBJETIVOS

- ✓ Disminuir los rechazos internos debido a defectos en el proceso
- ✓ Mejorar la velocidad y orden de las líneas de producción
- ✓ Mantener un control a largo plazo de las mejoras que se realicen

### 1.3 MATERIAS AUXILIARES

Dentro de las materias que auxiliaron para el desarrollo de este proyecto se encuentran: Reingeniería de Sistemas, Temas Selectos de Producción (Six Sigma), Planeación y Control de la Producción, Diseño de Sistemas Productivos y Desarrollo Empresarial, la combinación de las herramientas proporcionadas por cada una de ellas facilitó la comprensión, análisis y solución de los problemas planteados, también auxilió a tener distintos enfoques para lograr identificar la mejor forma de analizar los procesos involucrados en el proyecto.

## 1.4 PRINCIPALES FUNCIONES DESEMPEÑADAS

Las principales funciones desempeñadas dentro de la planta fueron: supervisión de líneas de producción, identificación y reducción de las principales razones de rechazos (proyecto Six Sigma), desarrollar e implementar un programa de 5's y de seguridad industrial, todo esto como responsable de mejora continua.

## 1.5 HISTORIA DE LA EMPRESA

Empresa dedicada al desarrollo y fabricación de sabores, colores, fragancias, aromas y maquilas para las industrias de alimentos, medicamentos, cosméticos y productos para el hogar.

Nace en junio de 1999, como fabricante de productos químicos, aromáticos, materias primas para la industria alimenticia, farmacéutica, cosmética, productos para el hogar, extracción de aceites esenciales, así como maquilador de productos para la industria cosmética, farmacéutica, del hogar y químicos en general.

Como Director de Century Laboratories, Jon V. Kohnstamm reorganiza su equipo de trabajo con gente de mucha experiencia en el ramo de fabricación de saborizantes, fragancias, colorantes y aditivos requeridos por las industrias Farmacéutica, Alimentaria y Cosmética.

La División Maquilas se dedica a maquilas de cosméticos, medicamentos, alimentos y productos para el hogar.

### 1.5.1 Política de Calidad

Para Century Laboratories la calidad es un valor fundamental en cada uno de nuestros procesos y productos, para ello:

Trabajamos de manera conjunta con autoridades, proveedores y clientes para establecer y medir periódicamente los objetivos de la calidad. Cumpliendo con los compromisos adquiridos y mejorar continuamente, a través de la eficacia del sistema de gestión de la calidad, basado en la norma internacional ISO 9001 versión 2000.

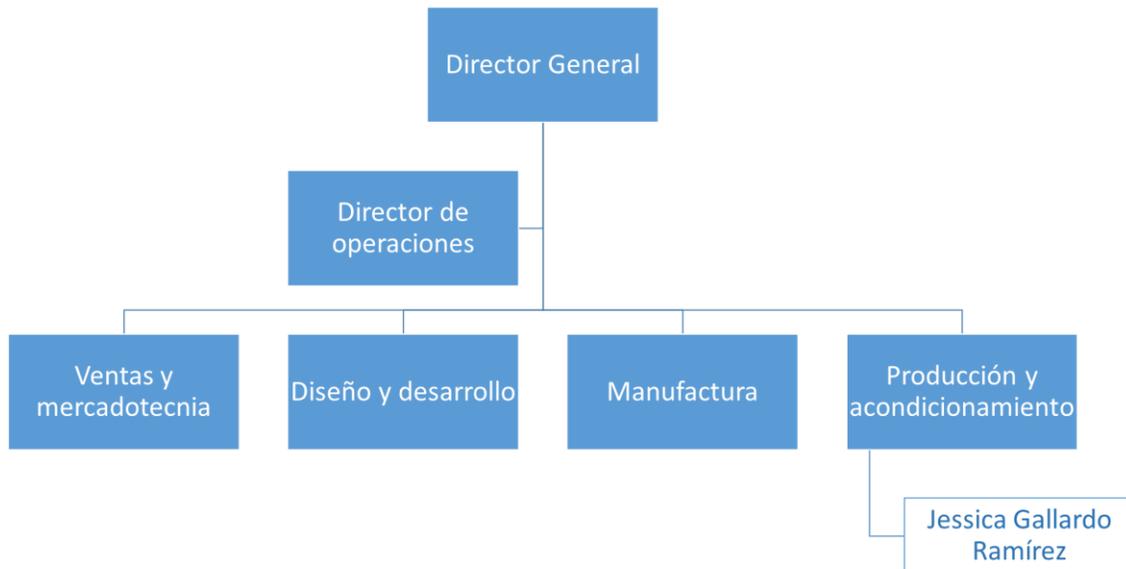
### 1.5.2 Visión

Ser una compañía líder en el mercado de saborizantes, colorantes, fragancias y maquilas, mediante procesos de mejora continua que contribuyen a expandir nuestras relaciones comerciales nacionales e internacionales, cumpliendo las expectativas de nuestros clientes, accionistas y colaboradores.

### 1.5.3 Misión

Fabricar productos de calidad que satisfagan las necesidades de nuestros clientes de manera oportuna, confiable y eficiente, mediante el compromiso de nuestro personal, proveedores y socios comerciales.

### 1.5.4 Organigrama



*Figura 1 Organigrama de la empresa*

# CAPÍTULO II

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Six Sigma ( $6\sigma$ )

Es una filosofía administrativa enfocada a eliminar errores, desperdicios y re-trabajos, plantea una nueva forma de visualizar las mejoras, esto se plasma en dos de sus pilares fundamentales: el beneficio económico y la calidad percibida por el cliente.

“Six Sigma es una estrategia de negocios que emplea una metodología que busca eliminar los desperdicios, reducir la variabilidad de los procesos y minimizar errores, con el objetivo de lograr la satisfacción del cliente y obtener beneficios económicos en la Empresa...” (Metodología Six Sigma, Mendoza, Pablo, 2014)

En términos estadísticos se refiere a disminuir a solo 3.4 el número de defectos por cada millón de bienes o servicios producidos.

Las principales características de un Proyecto Six Sigma son:

- ✓ Tiene un problema claramente definido
- ✓ Consta de un proceso (con inicio y fin claro)
- ✓ Es parte de un proceso
- ✓ Es financieramente medible
- ✓ Puede ser completado en un periodo de 4 a 6 meses
- ✓ Requiere de un equipo de trabajo

Six Sigma se basa en la metodología DMAIC, que por sus siglas en inglés significa Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, cada una de estas etapas involucra diversas herramientas a implementar para lograr el éxito del proyecto. Ésta metodología también permite seguir un orden predeterminado que ayuda en la búsqueda de soluciones, partiendo de lo general a lo particular.

### 2.2 DMAIC

#### 2.2.1 DEFINIR

Es bien sabido que en la mayoría de las empresas se tienen problemas a los cuales se busca dar solución, la metodología Six Sigma exige que sea solo uno por proyecto, para prestar la atención y el análisis necesario.

Esta primer etapa es crucial, y siempre debe intentar responder a la pregunta: ¿Qué es importante para nuestros clientes?, de esto dependerá la definición del proyecto.

Las herramientas que componen la etapa de definir son:

## *1. Selección de Proyectos*

Se localizan los proyectos potenciales y se analizan pros y contras de cada uno de ellos, basándose siempre en lo que implica el costo de no realizar el proyecto.

La alta dirección se debe involucrar en la selección y evolución del proyecto para evitar la suboptimización, el criterio principal de evaluación de los proyectos debe ser el costo de pobre calidad. Una vez seleccionado el proyecto a desarrollar, se define y comunica la misión del proyecto, así como el equipo que se asignará al mismo, los gerentes deben ayudar a seleccionar a las personas más adecuadas para el proyecto y asignar la prioridad al mismo. El progreso de los proyectos se monitorea para asegurar el éxito.

Las principales fuentes para obtener proyectos pueden ser:

- ✓ Objetivos de calidad
- ✓ Reportes de re trabajo
- ✓ Desperdicios
- ✓ Reclamos de clientes
- ✓ Problemas mayores de la organización
- ✓ Tiempos extra
- ✓ Variaciones de manufactura
- ✓ Tiempo de ciclo
- ✓ Inventario

Al seleccionar un proyecto es importante tomar en cuenta los alcances que éste debe tener, y las características que la metodología six sigma sugiere, como: evitar iniciar un proyecto muy ambicioso, con demasiadas métricas o que implique demasiado tiempo. La metodología six sigma no se debe enfocar en procesos que solo suceden esporádicamente ya que no se tendrán los datos históricos necesarios para el análisis, otros errores comunes al momento de seleccionar el proyecto pueden ser que la solución sea conocida, o que los objetivos trazados sean confusos o imposibles de medir.

Cuando se tienen dos o más proyectos potenciales debe considerarse cuál de ellos se puede terminar a tiempo, cuál combina con las herramientas y cuál tiene la más alta probabilidad de éxito, también es importante considerar que, para llevar a cabo cualquier proyecto es fundamental contar con el total soporte de la organización.

## *2. Matriz de priorización*

Se utiliza cuando se tienen dos o más opciones de proyectos potenciales. Es una herramienta que permite la selección de opciones mediante la ponderación y aplicación de criterios, permite determinar alternativas y los criterios a considerar para tomar 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.

La aplicación de la matriz de priorización conlleva un paso previo de determinación de las opciones sobre las cuales decidir, así como de identificación de criterios y de valoración del peso o ponderación que cada uno de ellos tendrá en la toma de decisiones.

En una matriz de priorización se enlistan las opciones de proyectos y luego los parámetros o criterios de selección, entre los más significativos destacan:

- ✓ Facilidad de implementación
- ✓ Reducción de costos
- ✓ Satisfacción al cliente

Ejemplo:

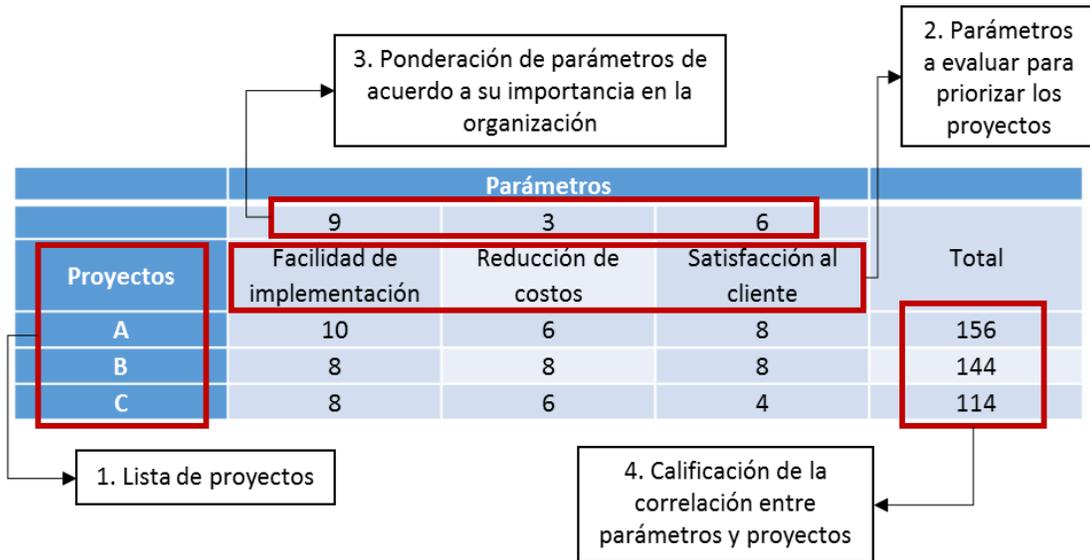


Figura 2 Componentes de matriz de priorización

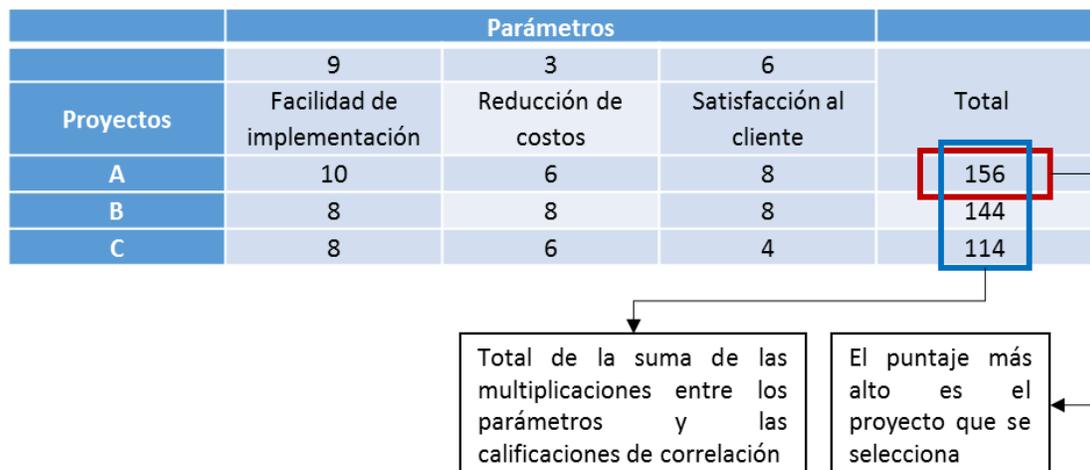


Figura 3 Ejemplo matriz de priorización

### 3. Selección del equipo

Los equipos de trabajo deben estar conformados por personas con distintas características para cubrir varias perspectivas y asegurar el éxito del proyecto, deben elegirse personas:

- Creativas y de mente abierta
- Dispuestas a aprender y a compartir conocimientos con los demás
- Capaces de trabajar en equipo
- Respetadas por los compañeros y la gerencia

Se recomienda que los equipos tengan entre 4 y 6 miembros, ya que, en equipos con mayor número de miembros se dificulta su manejo y la responsabilidad se diluye, y en equipos con menor número de miembros se retrasa el cumplimiento de las tareas para completar el proyecto.

Características de los equipos eficientes:

- Propósito claro
- Participación de todos los integrantes
- Capacidad para escuchar
- Crítica constructiva
- Comunicación abierta
- Roles y asignaciones claras
- Liderazgo
- Diversidad de estilos

Es importante que se realice una correcta asignación de los roles y que exista confianza e integración en el equipo, a fin de evitar que algún miembro sea el que domine o que tome decisiones por su cuenta.

### 4. Carta de Proyecto (*Project Charter*)

La carta de proyecto o Project Charter incluye todas las acotaciones del proyecto para aclarar las expectativas, el objetivo, alcances y recursos, esto con el fin de evitar malentendidos cuando el proyecto ya esté en marcha; contar con la carta de proyecto también facilita la integración de nuevos recursos ya que todo está documentado y no se requerirá de mayor explicación de la iniciativa, del mismo modo se evitarán cambios del alcance del proyecto en el futuro.

Componentes del Project Charter:

- 1) Nombre del proyecto
- 2) Líder del equipo
- 3) Champion
- 4) Descripción del proyecto
- 5) Problemática/Antecedentes

- 6) Beneficios del negocio
- 7) Metas/ Objetivo
- 8) Alcance del proyecto/ Fuera del alcance del proyecto
- 9) Beneficios del cliente/ CTQ's
- 10) Miembros del equipo
- 11) Diagrama de Gantt
- 12) Fecha de inicio y fin definidas

El planteamiento del problema debe cumplir con las siguientes características:

- Especifico. Menciona un proceso en particular y cuál es el problema.
- Observable. Evidencia del problema, se puede obtener de los reportes internos y retroalimentación del cliente.
- Medible. Días, unidades monetarias, piezas, etc.
- Manejable.
- No insinuar una causa probable
- No sugerir un remedio
- No asignar culpas
- Enfocar la dirección del proyecto

#### *5. Voz del Cliente (VOC) - Críticos de la calidad (CTQ's)*

La metodología Six Sigma empieza y termina con el cliente, es una estrategia de negocios enfocada en un objetivo: "Hacer que toda la gente en cada nivel de relación con el cliente, se dé cuenta que la empresa es el único proveedor al que realmente le importa hacer la vida más fácil."

El enfoque al cliente es esencial en el éxito de cualquier negocio. El crecimiento de un negocio depende de la capacidad de satisfacer las expectativas de nuestros clientes en términos de precio, calidad y entrega.

En términos coloquiales la voz del cliente es identificar lo que el cliente quiere y espera de algún producto o servicio, es decir, obtener una lista con necesidades potenciales o actuales, de un consumidor, respecto a lo que deben ser los requerimientos de ese producto o servicio.

La voz del cliente se apoya en el modelo Kano que clasifica las necesidades del cliente en:

- Necesidades básicas: Algo que el cliente no pide pero espera.
- Necesidades de desempeño: Lo que el cliente dice que necesita.
- Necesidades de emoción: Lo que el cliente no espera pero si lo recibe le va a encantar.

Una actividad clave en Six Sigma es comprender (en términos cuantitativos) las necesidades del cliente y traducirlas en salidas medibles de los procesos, para ello se cuenta con una herramienta llamada Críticos de la Calidad (CTQ's) la cual se encarga de traducir en términos medibles la voz del

cliente, con el fin de facilitar a la empresa la estandarización de dichas necesidades y así ofrecer a los clientes la misma calidad en los productos.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de cómo se traduce la Voz del Cliente (VOC) en Críticos de la Calidad (CTQ's), esto con el fin de convertir las necesidades de los clientes en términos que se puedan cuantificar y estandarizar.

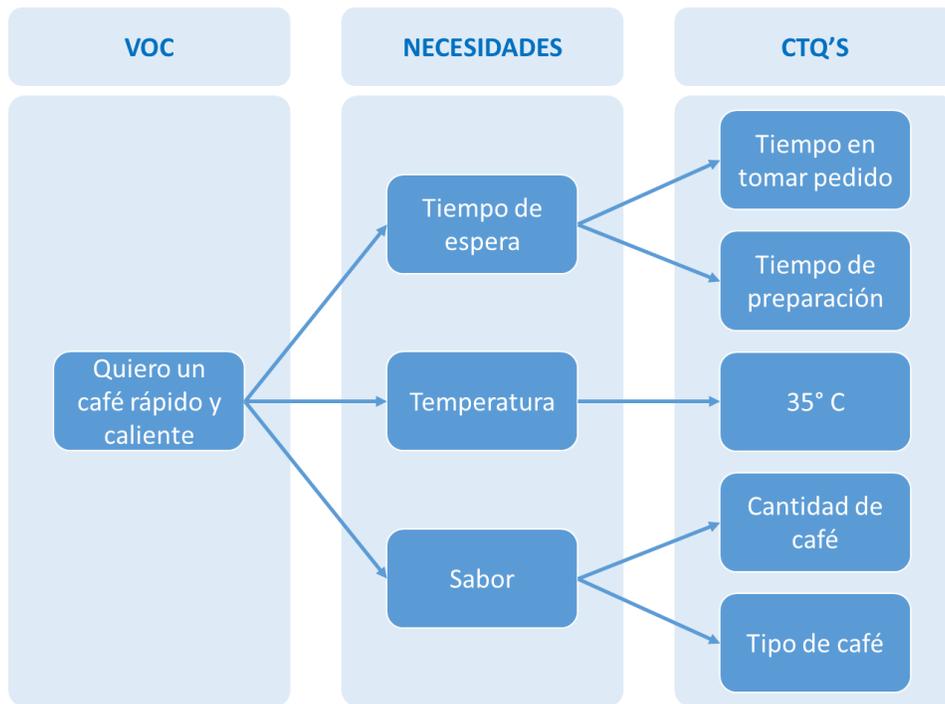


Figura 4 Ejemplo de VOC-CTQ's

## 6. Mapeo del proceso

Es la representación gráfica de la secuencia de actividades que se llevan a cabo dentro de un proceso en una organización, por medio de símbolos y flechas que muestran el flujo y orden del proceso. Realizarlo permite facilitar su comprensión ya sea por las personas involucradas en el proceso o personas externas a él.

Al momento de realizar un mapeo de proceso se debe ser realista, es decir, no representar el proceso idealmente sino como realmente es, involucrando a todo el equipo de trabajo para su realización.

Los pasos para construir un mapa de proceso son:

1. Definir el nivel de mapeo: se tienen niveles del 1 al 5, siendo el 1 el menos detallado y que solo ofrece un panorama general, y el 5 muy específico y con desglose de todas las actividades.

- Integrar el equipo de trabajo: los equipos deben tener de 4 a 9 personas que deben conocer el proceso a nivel operativo y administrativo, se debe nombrar un facilitador.
- Reglas: establecer reglas para la eliminación de jerarquías y garantizar la participación de todos los miembros.
- Nombrar el proceso
- Definir los límites del proceso a mapear: delimitar el alcance del mapa de proceso, tomando en cuenta la visión del cliente.
- Mapeo de procesos: las actividades deberán redactarse con verbos en infinitivo dentro de rectángulos, y las decisiones dentro de rombos, todos deberán unirse con flechas de acuerdo a la secuencia del proceso.
- Caminar el proceso: una vez realizado el mapeo del proceso se realiza una verificación del mismo.

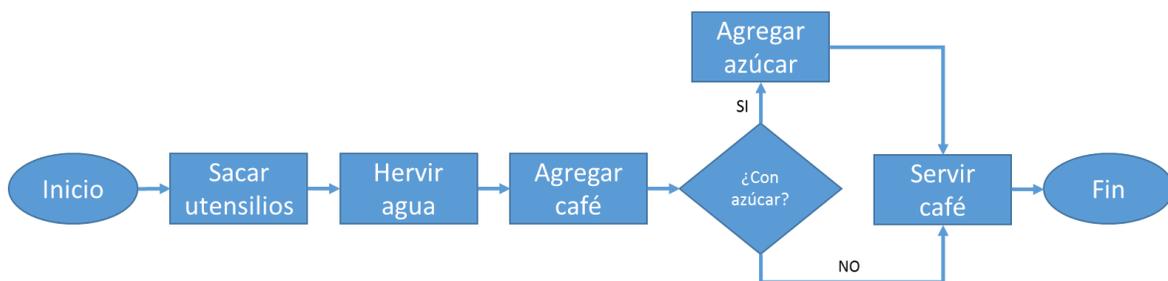


Figura 5 Ejemplo Mapa de proceso

En la Figura 5 se muestra un mapa de proceso nivel 1 para la elaboración de un café, los rectángulos muestran las actividades y el rombo una toma de decisión, también se delimitan el inicio y el fin del proceso.

## 7. PEPSC (SIPOC)

Es el acrónimo de Proveedor (Supplier), Entrada (Input), Proceso (Process), Salida (Output) y Cliente (Customer). Es una herramienta de Six Sigma que permite visualizar el flujo del proceso y sus interrelaciones dentro del mismo, así como definir el punto de inicio y fin del proceso a mejorar.

Las partes que componen el PEPSC son:

- Proveedores: son entidades que proporcionan materiales, información, energía, etc. a los procesos.
- Entradas: son todos los materiales, información, apoyo, energía, etc. Tangible o intangible, necesaria para operar los procesos, éstas deben ser medibles.
- Proceso: son actividades, movimientos, acciones, etc. Para convertir las entradas en salidas.
- Salidas: son los resultados tangibles o empíricos de un proceso, éstas deben ser medibles.
- Clientes: son las personas para las cuales se crea la salida.

La manera de elaborar el PEPSC se describe en la Figura 6.

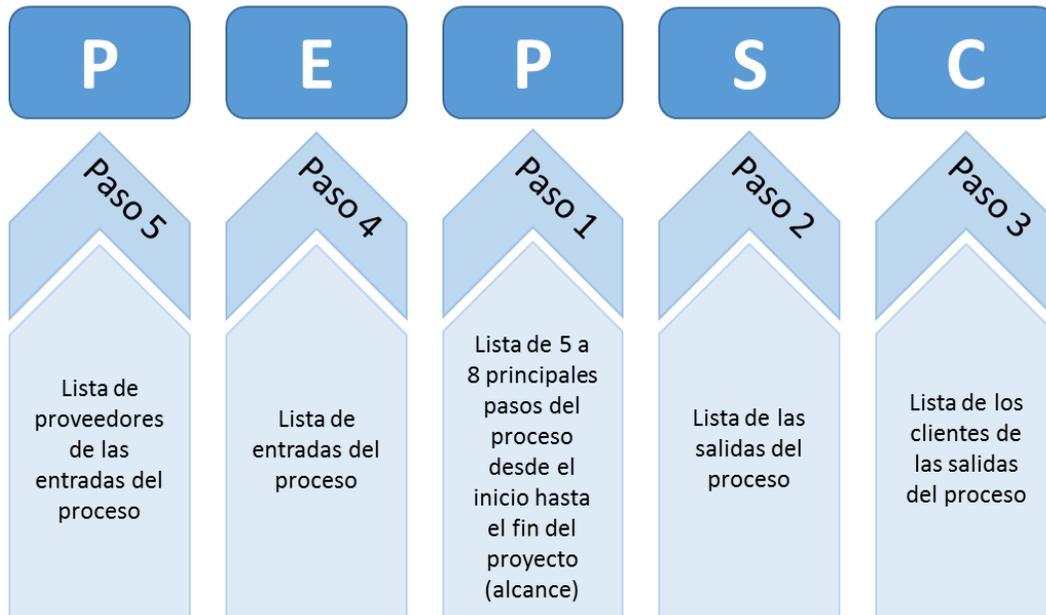


Figura 6 Elaboración de PEPSC

## 2.2.2 MEDIR

El objetivo de este paso es medir el desempeño actual del proceso a mejorar, por medio de los indicadores y defectos definidos en la etapa anterior. Se diseña un plan de recolección de datos y la periodicidad del mismo, posteriormente se lleva a cabo la recolección de los datos de distintas fuentes y finalmente se comparan los resultados obtenidos con los requerimientos del cliente, y así determinar la herramienta ideal a aplicar para obtener la mejora requerida.

### 1. Recopilar datos

La etapa de medir comienza con la recopilación de datos del proceso para someterlos a análisis e identificar las principales causas del problema y así poder encontrar la solución a los mismos, también se utilizan los datos recopilados para su comparación con los antecedentes históricos del problema identificado.

## 2. Gráficos de tiempo

Para entender el funcionamiento de un proceso, es necesario ordenar y analizar los datos del mismo, muchas veces los datos no organizados no muestran la existencia de un problema y se convierten en información sin valor. Para ordenar e interpretar los datos se utilizan los gráficos de tendencia, que evalúan el desempeño de los procesos en el tiempo.

Son también conocidos como diagramas de comportamiento, son de gran utilidad ya que los procesos son variables y al extraerse medidas solo de pequeños intervalos de tiempo los resultados pueden no ser certeros y mostrar situaciones distintas al problema real. Visualizar los datos con un intervalo de tiempo razonable para el proceso mejora la comprensión del proceso real, siendo útil cuando el objetivo es la mejora del proceso.

Para evitar errores en la elaboración de gráficos de tendencia se debe utilizar una escala que permita observar las pequeñas variaciones, una escala muy amplia no permitirá observarlas y una muy pequeña puede ser engañosa.

Pasos para construir un gráfico de tendencia:

1. Elegir las unidades más adecuadas que se utilizaran para el incremento del tiempo (eje x)
2. Recopilar datos nuevos u organizar los ya existentes
3. Usar una herramienta auxiliar (Excel o Minitab) para construir el gráfico incorporando elementos como son: título claro y breve, etiquetas para describir cada eje con unidades, una leyenda que permita diferenciar las líneas correspondientes al caso real y al objetivo, elegir una escala apropiada lo suficientemente estrecha para mostrar la variación.

En la interpretación del gráfico se encontrarán usualmente fluctuaciones aparentemente anormales comúnmente llamados “picos” los cuales siempre deben ser resaltados para analizarlos y conectar la causa con el efecto. Ejemplo:

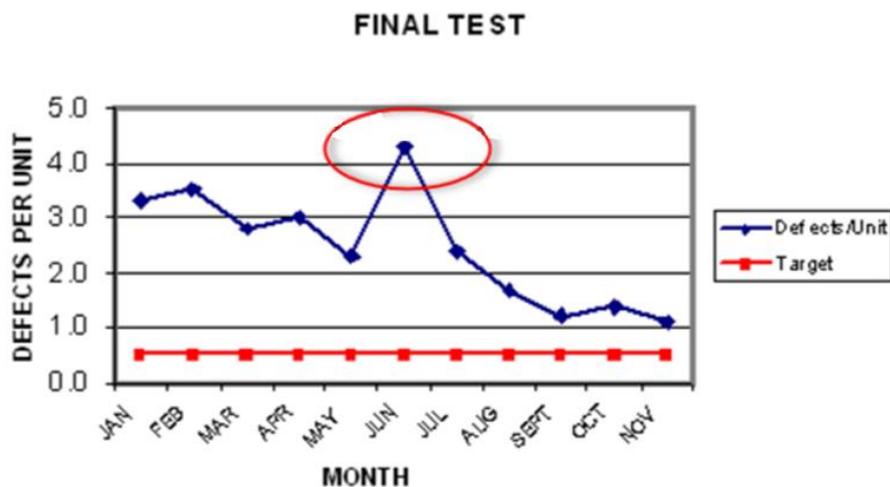


Figura 7 Ejemplo gráfico de tendencia

### 3. Gráficos de control

Son herramientas estadísticas que se utilizan para evaluar la estabilidad de los procesos, permiten distinguir entre las causas de variación que se pueden clasificar en:

1. Causas específicas o asignables: son factores esporádicos que desestabilizan el sistema, normalmente no deben estar presentes en el proceso ya que provocan variaciones significativas, su identificación es inmediata y fácil con el fin de estabilizar los procesos.
2. Causas comunes o aleatorias: son los factores que afectan poco la variabilidad de un sistema, su presencia es aleatoria y son de difícil identificación y eliminación.

Estadísticamente, se dice que un proceso es estable o en control cuando las únicas causas de variación presentes son las aleatorias, en cambio, la presencia de causas asignables hace que el proceso se desestabilice, impidiendo la predicción de su comportamiento en el futuro.

Con base en la información que se obtenga en determinados intervalos de tiempo, las gráficas de control definen un intervalo de confianza, si un proceso es estadísticamente estable, el 99.73% de las veces el resultado se mantendrá dentro de ese intervalo.

Los pasos para crear un gráfico de control son:

1. Seleccionar las variables críticas a ser controladas.
2. Seleccionar el tipo de gráfico de control adecuado.
3. Seleccionar la línea central del gráfico.
4. Seleccionar los límites de control, en caso de monitorear un proceso contra su histórico.
5. Establecer un sistema de recolección de datos: desarrollar formatos para la recolección.
6. Preparar procedimientos estándar para desarrollar los gráficos.
7. Verificar que el sistema de medición sea repetible y reproducible.
8. Capacitar al personal para la medición de los datos e interpretación de los resultados.
9. Recolectar datos
10. Representar los datos en la gráfica e interpretar los resultados.

Existen diferentes tipos de gráficos de control:

- De variables. Que a su vez pueden ser de media y rango, mediana y rango, y valores medidos individuales.
- Por atributos. Del estilo aceptable/inaceptable, si/no.

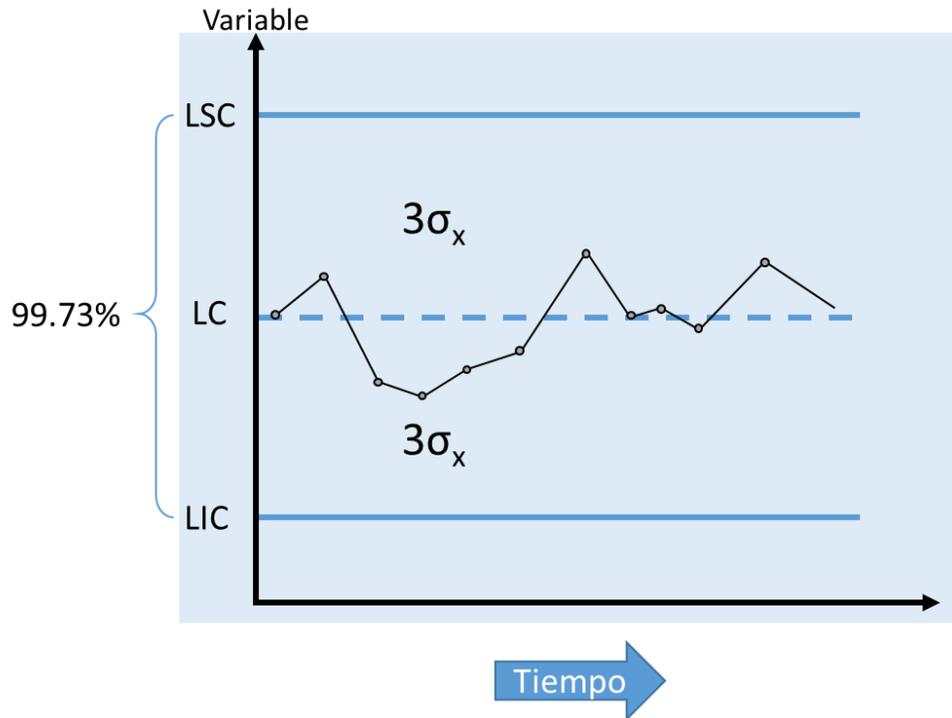


Figura 8 Diagrama de Control

Como se muestra en la Figura 8 la estructura de las gráficas contiene una línea central (LC), una línea superior que indica el límite superior de control (LSC), y una línea inferior que indica el límite inferior de control (LIC), estos dos últimos límites se establecen a  $\pm 3$  desviaciones de la media (LC), es decir, el espacio entre ambos límites define la variación aleatoria del proceso siendo los límites de control los que marcan los intervalos de confianza en los cuales se espera que caigan los puntos. Los puntos contienen información sobre las lecturas hechas.

Entre los principales usos de los gráficos de control están:

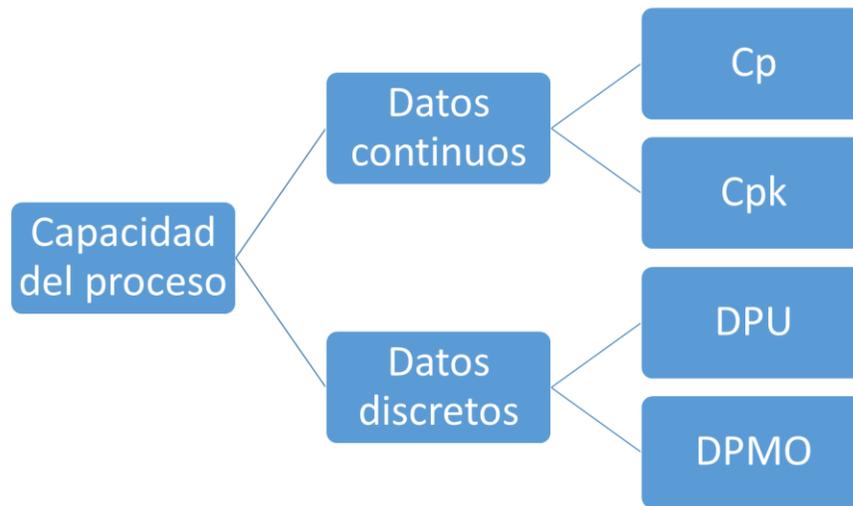
- ✓ Determinar el estado de control de un proceso.
- ✓ Diagnosticar el comportamiento de un proceso en el tiempo.
- ✓ Indicar si un proceso ha mejorado o empeorado.
- ✓ Identificar las dos fuentes de variación de un proceso.
- ✓ Es una herramienta de detección de problemas.

El software comúnmente utilizado en la industria es Minitab, por la facilidad que ofrece en el manejo de datos y la amplia capacidad para interpretar los resultados.

#### 4. Capacidad del proceso

Se define como la habilidad de trabajar dentro de un nivel esperado, es decir, dentro de las especificaciones.

De acuerdo con el tipo de datos con los que se esté trabajando, será la forma de medir la capacidad del proceso como se muestra en la Figura 9.



*Figura 9 Capacidad del proceso*

### *5. Medidas de desempeño de calidad*

Para comprender las medidas de desempeño de calidad, primero es necesario definir el concepto de defecto, estos pueden clasificarse de dos formas:

- Unidades defectivas (defectivos): se contabiliza solo una unidad independientemente del número de defectos que existan en esa unidad defectiva.
- Defectos por unidad de producción: se contabilizan cada uno de los defectos que haya en una unidad defectiva, puede haber múltiples defectos en cada unidad.

Una vez definido el concepto de defecto para el proceso en el que se está trabajando, se debe establecer una medida de desempeño inicial y posteriormente se pueden desarrollar planes de acción para lograr el desempeño requerido. Al implementar un proyecto six sigma es necesario documentar el punto de referencia, es decir, el estado inicial de un proceso con el fin de comparar las mejoras cuando se alcance el estado final o cuando el desarrollo del proyecto este avanzado.

Las medidas de desempeño comunes se muestran en la Figura 10:

MEDIDAS DE DESEMPEÑO	USO
<b>Defectos por unidad (DPU)</b>	No. promedio de defectos por unidad de producto
$DPU = \frac{\text{No. de defectos encontrados en una muestra}}{\text{Tamaño de la muestra}}$	
<b>Defectos por millón de oportunidades (DPMO)</b>	No. de defectos por millón de oportunidades, asume la posibilidad de múltiples defectos por unidad
$DPMO = \frac{\text{No. de defectos encontrados en una muestra}}{\text{No. total de oportunidades de defectos en una muestra}} \times 1,000,000$	
<b>Partes por millón de defectivos (PPM)</b>	No. de unidades defectivas en un millón de unidades
$PPM = \frac{\text{No. de defectos encontrados en una muestra}}{\text{Tamaño de la muestra}} \times 1,000,000$	

Figura 10 Medidas de desempeño

### 2.2.3 ANALIZAR

En esta etapa se lleva a cabo un estudio cuidadoso del proceso, examinándolo paso a paso, a menudo se revelan problemas que se habían considerado como “normales”. El análisis es fundamental pues la mayoría de los procesos funcionan mucho menos efectivamente de lo que aparentan.

Al analizar un proceso se debe buscar:

- Cambios significativos: modificaciones o alteraciones recientes en el proceso.
- Pasos que agregan valor: Son las actividades que hacen posible darle función o forma al producto o servicio requerido, son las actividades por las que el cliente está realmente dispuesto a pagar.
- Actividades que no agregan valor: son las actividades que no adicionan valor para el cliente de forma o función del producto o servicio y por consiguiente deberían ser eliminadas ya que no dan ninguna ventaja al producto y el cliente no está dispuesto a pagar por ellas.

Existen tres categorías para clasificar las actividades:

- Valor agregado
- Muda Tipo I: No agrega valor pero es necesario
- Muda Tipo II: no agrega valor y se puede eliminar

Por lo tanto para obtener una ventaja considerable en el tiempo del proceso se debe buscar reducir las actividades que no agregan valor, si solo se reducen las actividades que agregan valor la ventaja que se obtiene será mínima.

### 1. Diagramas de Pareto

Este diagrama permite establecer un orden de prioridades para la toma de decisiones dentro de una organización. Se basa en el principio de Pareto o Regla de 80/20, es decir que el 80% de los defectos en un proceso se encuentra en el 20% de las causas potenciales.

Una vez identificadas las causas potenciales, se cuantifican y se aplica la Regla del 80-20, quedando el diagrama de la siguiente forma (Figura 11):

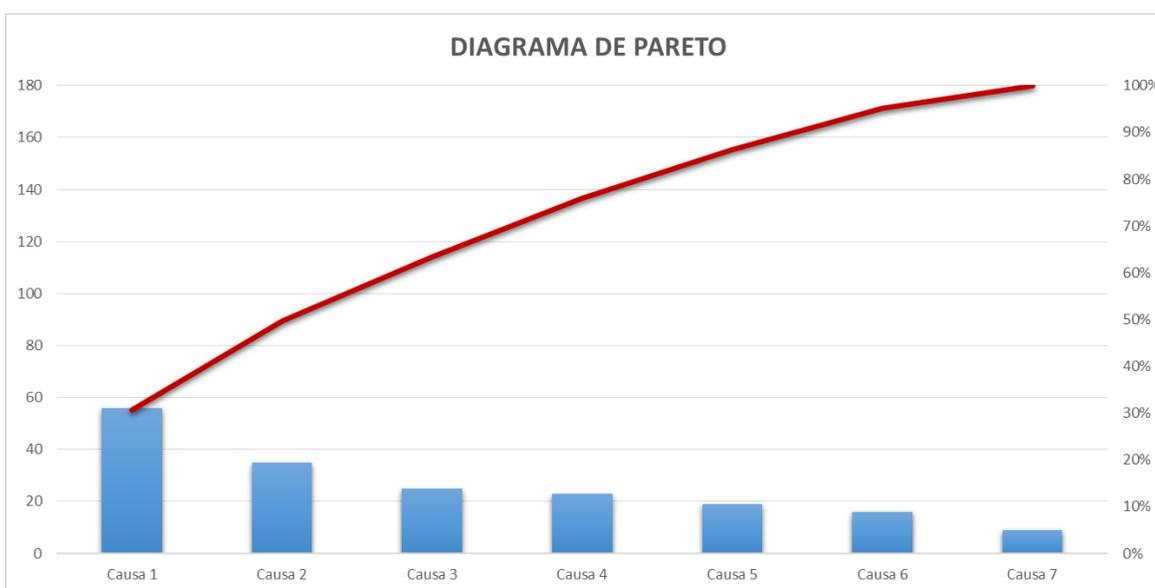


Figura 11 Diagrama de Pareto

El principio de Pareto se aplica si en una o varias categorías se observa una diferencia notablemente mayor con respecto a las demás barras, de esta manera se asegura enfocar el trabajo de mejora en las dos barras más altas.

Si todas las barras tienen casi la misma altura se debe buscar otra forma de agrupar las categorías con el fin de analizar la información desde otro enfoque.

### 2. 9 Desperdicios

Existen 9 desperdicios que afectan cualquier proceso, esto se traduce en la disminución de la productividad de las empresas, afectaciones al precio de venta de los productos y por consecuencia a las ganancias. Los 9 desperdicios son:

- ✓ Sobreproducción: Hacer algo innecesario, cuando no se requiere y en una cantidad no solicitada.
- ✓ Defectos: Cualquier actividad fuera de los criterios de aceptación.
- ✓ Espera: Tiempo muerto durante un proceso.
- ✓ Transporte: Recorridos innecesarios dentro de la planta.
- ✓ Re proceso: Agregar pasos innecesarios a un proceso.
- ✓ Inventario: Abastecimiento de material o información en exceso.
- ✓ Movimiento: Cualquier movimiento de personal, papel, intercambio electrónico que no agrega valor al producto.
- ✓ Re priorización: Cualquier cambio en la agenda o asignación de actividades previamente planeadas.
- ✓ Talento de la gente: Cuando no se aprovecha el talento de las personas.

### 3. Diagrama Causa Efecto

También llamado “Ishikawa” por el nombre de su creador Kaoru Ishikawa, o “Espina de pescado” debido a su estructura. Estos diagramas permiten analizar los problemas de una forma detallada, su principal objetivo es identificar las causas y el efecto de las mismas sobre el problema.

Los pasos para construir un diagrama causa efecto se describen en la Figura 12.

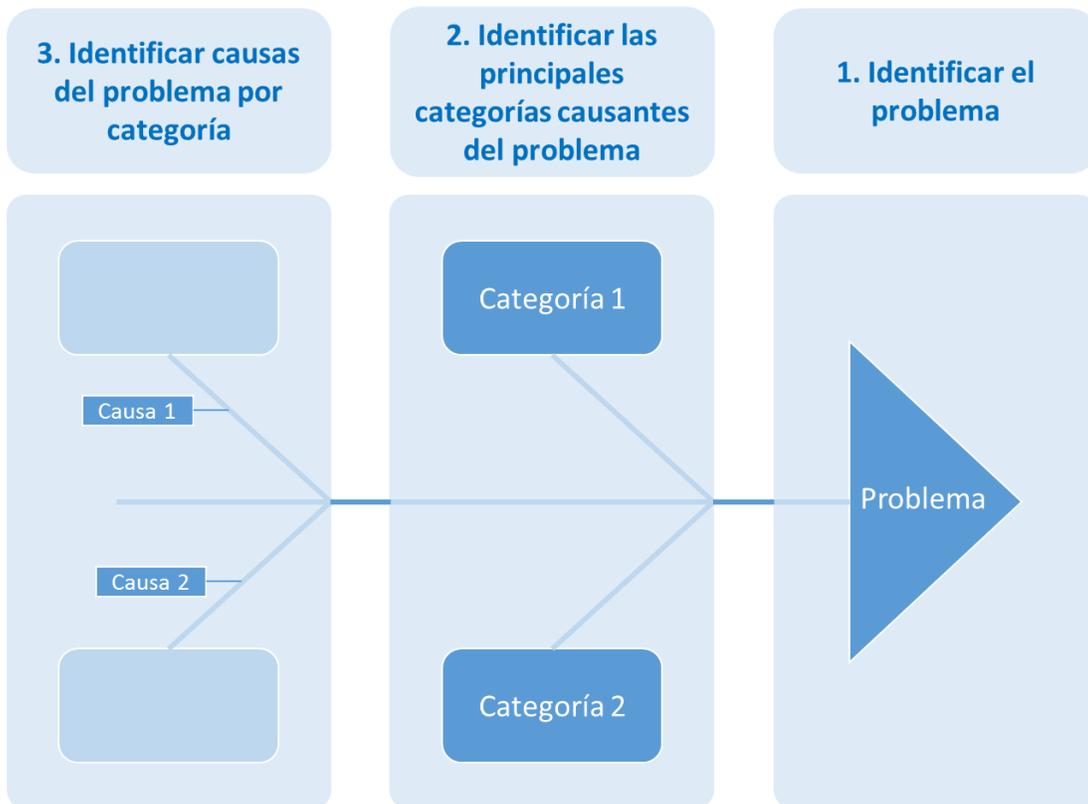


Figura 12 Diagrama Causa-Efecto

#### 4. *Tormenta de ideas (Brain storming)*

Es una técnica que se utiliza para recabar información de un grupo de personas que generalmente cuentan con diferentes perspectivas acerca de un mismo proceso.

Los pasos principales para realizar una tormenta de ideas son:

- Definir el objetivo a analizar.
- Escribir las ideas de los integrantes del equipo, procurando que todos participen.
- Agrupar las ideas similares.
- Debatir las ideas y procurar llegar a un acuerdo acerca de las medidas de mejora.

#### 5. *5 por que's*

Es una técnica de análisis cuyo principal objetivo es encontrar la causa raíz de un problema. Consiste en preguntarse “¿Por qué?” hasta llegar a la raíz más profunda de un problema.

#### 6. *Matriz costo beneficio*

El principio para construir una matriz de costo beneficio es el mismo que se usa para construir una matriz de priorización, ya que se busca que la matriz ayude a elegir la opción que más convenga, la diferencia es que en la matriz costo beneficio los parámetros solo son dos: beneficio y dificultad, mediante ellos se analiza la factibilidad y la rentabilidad de aplicar un método posible de solución teniendo varias opciones.

## 2.2.4 MEJORAR

### 1. *Lean Manufacturing*

Son un conjunto de herramientas que ayudan a eliminar las operaciones que no agregan valor a los productos, servicios o procesos, eliminando lo que no se requiere; busca la optimización de los recursos minimizando gastos innecesarios; se focaliza en la reducción de los 9 desperdicios, y mejora los tiempos de las operaciones.

Los principios del lean manufacturing son:

- ✓ Calidad: búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen.
- ✓ Minimización de costos: eliminación de actividades que no agregan valor, optimización del uso de los recursos.
- ✓ Mejora continua: reducción de costos, mejora de la calidad, aumento de la productividad y control de procesos.

- ✓ Procesos "pull": los productos son "jalados" por el cliente final, no se produce lo no solicitado.
- ✓ Flexibilidad: producir rápidamente una gran variedad de productos tomando en cuenta la calidad.

En concreto Lean se refiere a hacer las cosas bien a la primera, en cantidad y lugar correctos, optimizando costos y siendo flexibles y con capacidad de respuesta a cualquier cambio.

## 2. *Análisis de modo y efecto de la falla (AMEF)*

Análisis de modo y efecto de falla, por sus siglas en español; esta herramienta permite identificar acciones que ayuden a reducir la posibilidad de la ocurrencia de una falla potencial. Parte de la pregunta: ¿Qué puede salir mal al momento de implementar o ejecutar un proceso nuevo o existente?, con base en ello prioriza las acciones para disminuir las fallas.

Las aplicaciones del AMEF son las siguientes:

- Diseño: al introducir un nuevo producto, conviene al equipo de diseño identificar problemas potenciales antes que el producto sea fabricado, y así evitar posibles fallas que podrían causar pérdidas económicas si se presentaran con el producto ya fabricado.
- Proceso: AMEF puede aplicarse mientras está operando el proceso, identificando las cosas que pueden salir mal (fallas potenciales), también se identifica la habilidad de detección de las fallas de acuerdo a la ocurrencia de las mismas.

Para comprender esta herramienta es necesario definir los siguientes conceptos:

- Modo de la falla potencial: Define cómo el producto o servicio puede fallar, es decir no cumpliendo con la finalidad del diseño, requerimientos de comportamiento y/o expectativas del cliente.
- Efecto de la falla potencial: es la consecuencia o resultado del modo de falla con el cliente.
- Severidad: es la implicación o seriedad del efecto del modo de falla potencial con el cliente. Se estima en una escala de 1 a 10, siendo 1 menor severidad y 10 muy alto grado de severidad.
- Causa potencial de la falla: son las razones por las cuales podría ocurrir el modo de la falla, descrita en términos de algo que pueda ser corregido o controlado.
- Ocurrencia: es la frecuencia proyectada de la ocurrencia del modo de falla como resultado de una causa específica, esta cifra indica el nivel de control del proceso. Se estima en una escala de 1 a 10 siendo 1 remota probabilidad de ocurrencia y 10 muy alta probabilidad de ocurrencia.
- Detección: es una evaluación de la probabilidad de que los controles del proceso detecten el modo de falla antes de que el efecto de falla ocurra. Se estima en una escala de 1 a 10 siendo 1 muy alta probabilidad de detección de los controles y 10 certeza absoluta de no detección por los controles y posible detección por parte del cliente.

Ejemplo de aplicación de AMEF en el proceso de elaborar un café:

Causas	Parte del proceso	Modo de falla potencial	Efecto de modo de falla	S	Causas potenciales	O	Controles actuales	D	NPR	Acciones recomendadas	Responsable
1	Preparar un café	Prepararlo muy cargado	Cliente no conforme	5	Operario	4	Si hay	5	100	Poka yoke	Gerente
2	Servir un café	Café caliente	Quemar al cliente	10	Horno	10	No hay	10	1000	Sensor	Gerente

Figura 13 AMEF de elaboración de café

Número de prioridad de riesgo (NPR) es:

$$NPR = S \times O \times D$$

Es importante saber interpretar el número de prioridad de riesgo, ya que aunque se obtenga el mismo número las causas que lo provocan pueden ser distintas como se muestra a continuación:

Número de prioridad de riesgo					
S	O	D	=	NPR	Interpretación
9	9	1	=	81	Proceso no controlado: a pesar de que la detección es alta se debe trabajar para disminuir la ocurrencia
9	1	9	=	81	Proceso controlado pero se debe trabajar en la detección
1	9	9	=	81	No hay mayor problema: debido a la baja severidad no requiere cambios inmediatos

Figura 14 Desglose NPR

### 3. 5's

Es una metodología japonesa que busca mejorar el control, la ubicación de objetos, la ergonomía y la moral de los trabajadores a partir de la limpieza y la organización del lugar de trabajo.

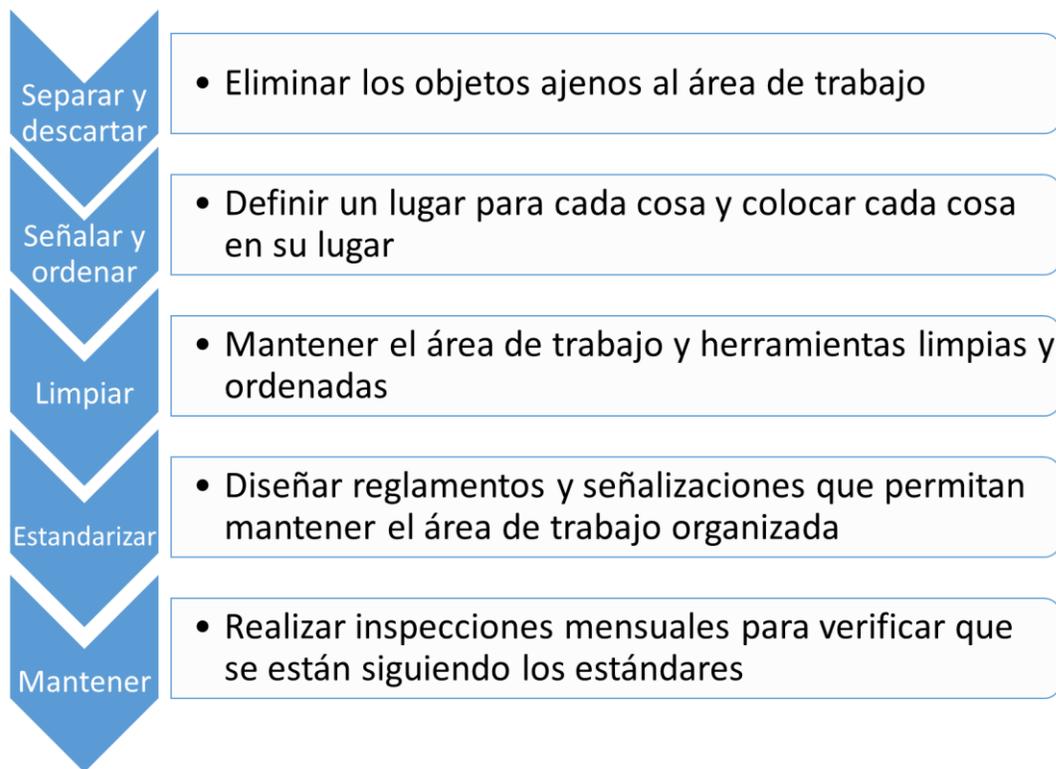


Figura 15 5's

Las principales ventajas de implementar las 5's están:

- ✓ Ayudar a las personas a ser autodisciplinadas
- ✓ Reducir movimientos innecesarios
- ✓ Mejorar la eficiencia del proceso
- ✓ Reducir accidentes de trabajo
- ✓ Mejorar el ambiente laboral

#### 4. *POKA YOKE*

Es una técnica también conocida como “a prueba de errores”, consiste en implementar mecanismos que reduzcan la posibilidad de cometer errores en los procesos. Las consecuencias de los errores se conocen como “defectos”, los cuales pueden llegar a ser fatales si el error no es detectado y corregido a tiempo, la afectación principal es cuando los errores son detectados directamente por el cliente.

Los errores se clasifican en 10 categorías:

- Errores debido a olvidos
- Errores debido a malentendidos
- Errores de identificación
- Errores cometidos por aficionados
- Errores intencionales

- Errores accidentales
- Errores intencionales como sabotaje
- Errores debido a lentitud
- Errores debido a falta de estándares o normas
- Errores sorprendidos

Para implementar Poka Yoke es necesario hacerlo de acuerdo a la siguiente tabla:

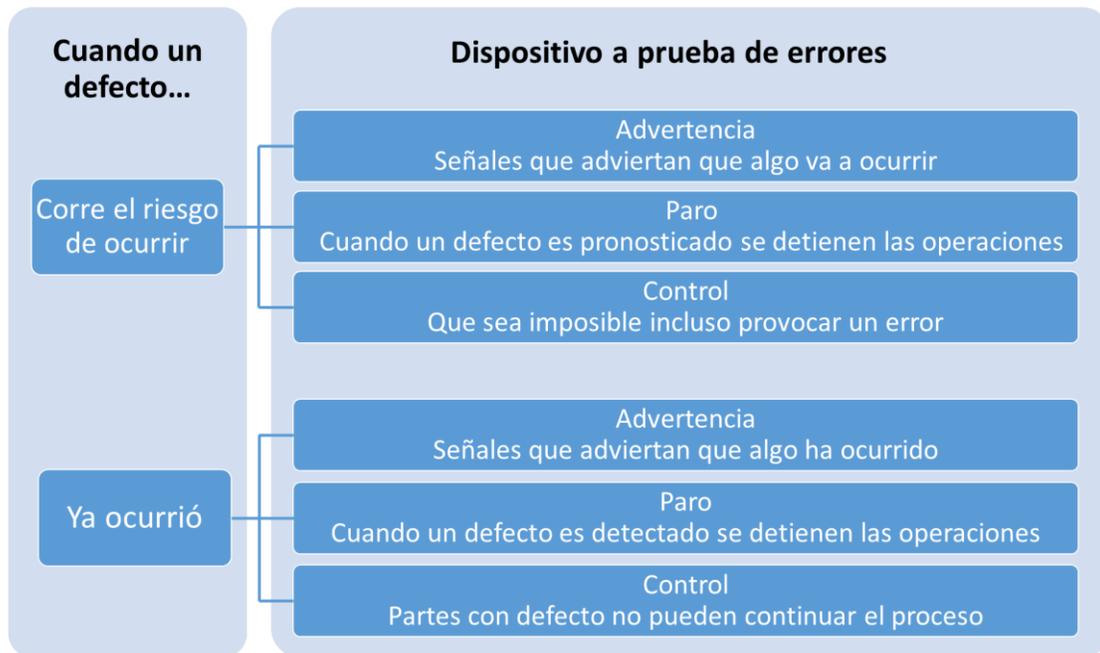


Figura 16 Implementación de Poka Yoke

### 5. Cambio de formato en minutos (SMED)

Es el acrónimo de *Single Minute Exchange of Die*- cambio de matriz o herramienta en menos de 10 minutos. Es una metodología de origen japonés desarrollada por Shigeo Shingo implementada en la década de los setenta para Toyota. Esta técnica supone que una reducción de los tiempos de preparación de las líneas de producción permite trabajar con lotes más reducidos, tiempos de fabricación cortos, dando como resultado una reducción en los tiempos de entrega.

Se entiende por tiempo de cambio el tiempo transcurrido desde que termina la fabricación de la última pieza correcta de una serie, hasta que obtiene una pieza libre de defectos de la siguiente serie. Las operaciones que ocurren dentro de ese periodo se clasifican en dos tipos:

- Operaciones externas: Actividades que pueden hacerse mientras la máquina está operando.
- Operaciones internas: Actividades que pueden hacerse mientras la máquina está parada.

Para conseguir SMED es necesario seguir 5 pasos principales:

1. Definir elementos internos y externos: una actividad que es útil en esta etapa es la realización de un video que ayude a separar las operaciones, cronometrar el tiempo de cambio y las mejoras del tiempo.
2. Eliminar elementos externos de los tiempos de cambio: es decir lograr que se realicen simultáneamente actividades que no requieren paro de maquinaria.
3. Convertir tantos elementos internos en elementos externos como sea posible: es fundamental aquí realizar un listado cronológico de las operaciones que se realizan durante la máquina parada, para ello es aconsejable el seguimiento de las operaciones en lotes distintos para obtener una lista lo más detallada posible, luego debe evaluarse detalladamente cada una de estas operaciones para determinar cuáles pueden moverse y/o simplificarse.
4. Reducir los elementos internos restantes: Esta fase consiste en reducir al mínimo los procesos de ajuste mediante la estandarización de las características de los sistemas basándose siempre en los parámetros de calidad para el producto.
5. Reducir los elementos externos: en caso de tener aún elementos externos se buscará reducirlos mediante procedimientos y estandarización.

## 2.2.5 CONTROLAR

En este punto, es necesario tomar medidas para confirmar que las mejoras han sido efectivas para ello se recomienda recopilar y visualizar los datos de la misma manera que se hizo antes de “solucionar” el problema.

Para garantizar la efectividad de la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing, es necesario aplicar medidas de control que muestren el correcto desempeño de los procesos, y que a su vez estas mejoras permanezcan a largo plazo.

Las herramientas de control también permiten localizar posibles errores o defectos en el proceso con mayor facilidad, y así poder corregirlos sin provocar una falla mayor en el futuro.

### *1. Estandarización y documentación*

Una vez implementadas las mejoras en los puntos críticos identificados, es de vital importancia cerciorarse de que dichas mejoras perduren y así asegurar que no vuelva a aparecer el mismo error o defecto. Una de las maneras que existen para garantizar que la mejora de los procesos sea permanente es estandarizando los procesos, es decir, capacitar a los operarios para que ciertos pasos del proceso se hagan de una forma previamente establecida en cada repetición.

Estandarizar procesos garantiza la uniformidad en la calidad de los productos, y facilita la capacitación de nuevos operarios pues solo se deben realizar pasos de un modo único. Al haber implementado la estandarización del proceso solo se deberá efectuar cambios cuando se cuente con datos que demuestren que la alternativa propuesta es mejor que la actual.

Para que la estandarización de procesos funcione la documentación es clave, ya que contar con documentación actualizada que describa el proceso a detalle permite la familiarización de los operarios con el proceso mediante el uso continuo, del mismo modo se agiliza la capacitación para nuevos operarios, ya que solo requerirá recurrir a la documentación existente de cada uno de los procesos.

El tipo de documentación utilizada con mayor frecuencia en algunas instituciones son las hojas guía, las cuales tienen el fin de describir de manera breve, concreta, objetiva, clara, lógica y completa la forma en que el procedimiento se lleva a la práctica, considerando ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Quién?, ¿Cuándo? Debe llevar a cabo cada paso del proceso, de esta forma se asegura la misma calidad para cada uno de los productos fabricados en las líneas de producción.

## *2. Gráficos de control*

Los pasos para construir un gráfico de control fueron descritos en la etapa de Medir, sin embargo se utilizan también en la etapa final de los proyectos Six Sigma. Los gráficos de control permiten comprobar el estado de control de un proceso en cualquier momento, es decir, visualizar si un proceso se ha mantenido, ha mejorado o ha empeorado, esta información indica si las herramientas aplicadas fueron las adecuadas o si el problema requiere un nuevo análisis.

En algunas ocasiones los gráficos de control muestran problemas que ya fueron analizados en el proyecto Six Sigma lo cual facilita su eliminación, pues las soluciones y herramientas necesarias a implementar ya se conocen.

## CAPÍTULO III

### 3. IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA

Como se mencionó anteriormente la implementación se llevó a cabo en una empresa maquiladora, específicamente en el área de acondicionamiento de shampoo que presentaba constantes rechazos debido a defectos, éste problema potencial fue elegido y analizado mediante la implementación de Six Sigma siguiendo paso a paso la metodología DMAIC, que se describe a continuación:

#### 3.1 Definir

En esta etapa, en conjunto con la gerencia y las personas involucradas directamente en los procesos, se identificaron los problemas potenciales que afectaban en mayor medida la productividad de la empresa:

- Rechazos en el área de sabores
- Defectos en el área de colorantes
- Rechazos internos en maquilas (shampoo)
- Poca productividad en el área de fragancias

Una vez definidos los problemas potenciales se priorizaron para identificar el que tenía un mayor impacto tanto económico como productivo para la empresa y así conocerlo a fondo para su posterior análisis. Cada una de las herramientas utilizadas en esta etapa se describen a continuación:

##### 3.1.1 Matriz de priorización

Para decidir cuál de los 4 problemas identificados era el que requería la mayor atención y por ende la aplicación del proyecto Six Sigma, se debió realizar una Matriz de priorización tomando en cuenta factores como el impacto para el cliente, el costo de producción, las utilidades que generaba el producto, los gastos de reproceso y el tiempo invertido en la fabricación. Una vez realizada la parametrización se llegó a la conclusión de que el problema que requería más atención se encontraba en el área de maquilas, específicamente en el acondicionamiento de shampoo.

Proyectos	Parámetros					Total
	Impacto para el cliente	Costo de producción	Utilidades que genera	Gastos por reproceso	Tiempo invertido en la fabricación	
	11	12	10	8	6	
Sabores	5	4	2.4	3	1	157
Colorantes	5	1	1.8	2	1	107
Maquilas	5	5	1.2	5	5	197
Fragancias	5	3	0.6	2	2	125

Figura 17 Matriz de priorización – shampoo

En la Figura 17 se muestra la matriz de priorización realizada para encontrar el problema que requería mayor atención. El área de maquilas obtuvo el mayor puntaje lo que demostró que el acondicionamiento de shampoo repercutía en mayor medida diversas áreas de la empresa y se decidió llevar a cabo el Proyecto Six Sigma para resolverlo.

### 3.1.2 Carta de proyecto (Project Charter)

El Project Charter o carta del proyecto se encarga de describir detalladamente el problema, sus antecedentes y las afectaciones que tuvo, así como definir el alcance que tendrá el proyecto y las limitaciones del mismo. Define también los objetivos que se buscan lograr con la aplicación del proyecto, el tiempo estimado de duración y las personas que estarán involucradas.

#### Descripción del proceso

El proceso comienza en el departamento de ventas cuando los ejecutivos de cuenta consiguen negociaciones con nuevos clientes o nuevos contratos con los clientes ya hechos, posteriormente se envía la orden de compra al departamento de planeación y logística para la confirmación de la existencia de la materia prima en el almacén y posterior fabricación, finalmente se realiza una inspección de calidad. Al cliente se le indica un tiempo de entrega de 8 a 10 días con las especificaciones solicitadas por el mismo, este proceso se lleva a cabo para todos los productos que Century maneja, sin embargo, este proyecto está enfocado en maquilas, en específico en el área de shampoo.

En la parte de fabricación se suministra la materia prima al área de maquila que son: tapas, etiquetas, botella, sellos para poner número de lote y el producto a granel.

Después se sella cada etiqueta con el número de lote respectivo y posteriormente se etiqueta cada botella; las botellas ya etiquetadas pasan al área de llenado, más adelante se les coloca la tapa.

Finalmente cada botella es limpiada y se realiza el llenado de las cajas con el producto.

## Definición del problema

Desde junio de 2014 se ha presentado **al menos 1 rechazo en cada lote** fabricado de shampoo, teniendo gastos extra por tiempo de re trabajo; los rechazos se producen cuando el departamento de calidad al hacer el muestreo localiza lotes defectivos con defectos como son: cajas con botellas faltantes, sin número de lote o lote incorrecto y mal etiquetado, esto ha generado altos costos por reproceso y quejas por parte de los clientes.

Hay molestia e impacto a la imagen del cliente por:

- Riesgo de no renovación de contratos
- Quejas por entregas tardías (por reprocesos)
- Quejas por lotes defectivos

## Beneficios al negocio

- Clientes satisfechos y dispuestos a renovar contratos
- Publicidad verbal
- Ahorros económicos
- Capacidad para generar nuevos clientes

## Alcance

Se pretende analizar las áreas de planeación, producción y calidad.

## Objetivo

- ✓ Alcanzar el 100% de lotes aprobados por calidad desde la primera vez que sean revisados.
- ✓ Mejorar el orden y la distribución de las líneas de producción.
- ✓ Tener un plan de producción con anticipación de una semana como mínimo.

## SIGMA

*Oportunidad*: cualquier pedido realizado por un cliente

*Defecto*: todos los pedidos realizados por un cliente que no se entreguen con las especificaciones prometidas

Six Sigma																
Actividad	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Definir	■	■														
Medir		■	■	■	■	■	■	■								
Analizar					■	■	■	■	■	■	■	■				
Mejorar									■	■	■	■				
Controlar													■	■	■	■

## Recursos

Nombre	Rol
Juan Popoca	Líder del proyecto
Alejandro Hernandez	Dueño del proceso (Process owner)
Rocío Acevedo	Promotor (Sponsor)
Jessica Gallardo	Consultor Green belt

### 3.1.3 Voz del cliente- CTQ's

Mediante los reportes de rechazos internos se identificaron las principales exigencias del cliente para la aceptación y liberación del producto (botellas de shampoo), y con ellas se obtuvieron los parámetros mínimos que debían cumplir cada una de las botellas, esto con el fin de establecer estándares para la fabricación que eviten futuros rechazos.



Figura 18 VOC-CTQ's shampoo

En la Figura 18 se muestra la traducción de las exigencias del cliente en parámetros medibles para la empresa.

### 3.1.4 PEPSC (SIPOC)

En la Figura 19 se observa como el SIPOC ayudó a conocer el proceso completo, identificando los proveedores y clientes internos de la maquila del shampoo para involucrarlos en el proyecto Six Sigma.

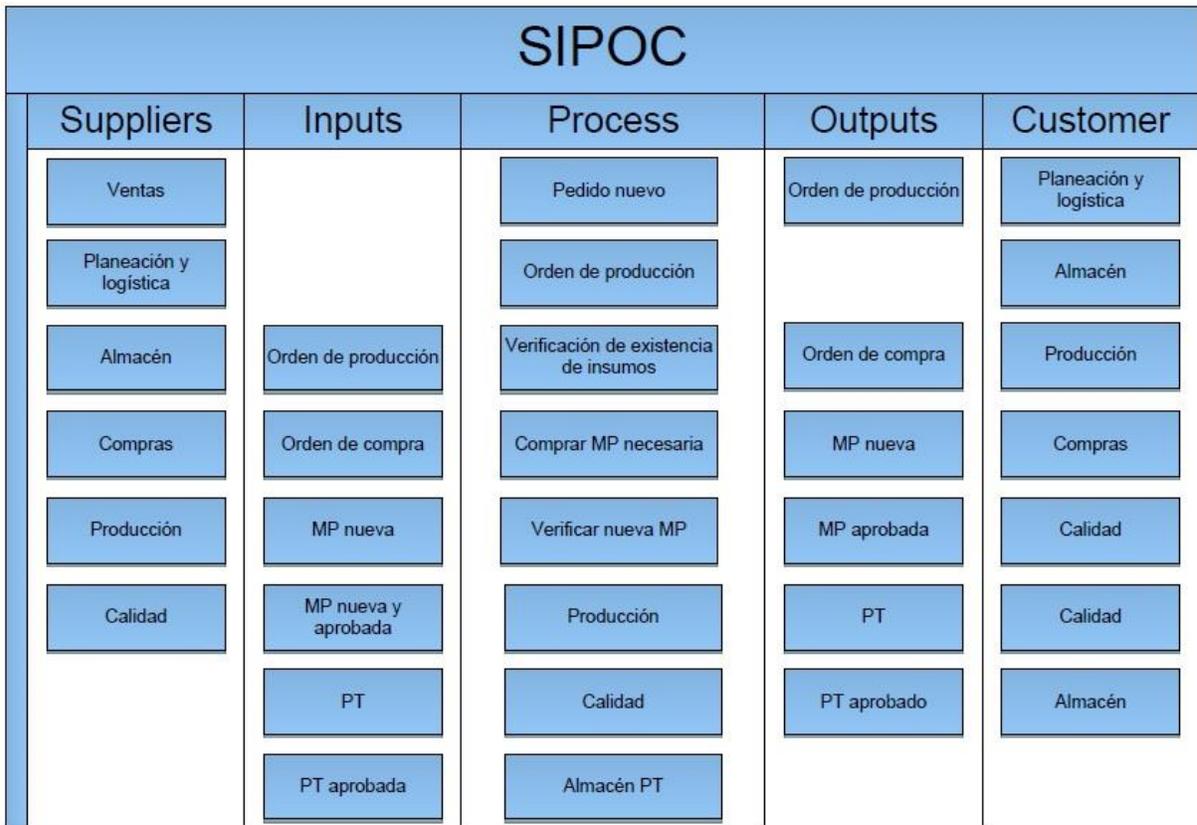


Figura 19 SIPOC shampoo

### 3.1.5 Mapeo de proceso

En la Figura 20 se muestra el mapeo del proceso de producción de shampoo desde que se registra un pedido nuevo hasta que se almacena la producción requerida, incluyendo las principales áreas de la empresa con las que Maquilas (producción) interacciona, al igual que en el SIPOC nos permite identificar con claridad proveedores y clientes internos, con la diferencia de que el mapeo indica la continuidad de los pasos mostrado con claridad a que área corresponde llevar a cabo cada paso.

Posteriormente en la Figura 21 se muestra un mapeo específicamente del acondicionamiento de shampoo en el estado inicial, mencionando cada uno de los pasos que se seguirán para convertir la materia prima en un producto terminado con las especificaciones necesarias.

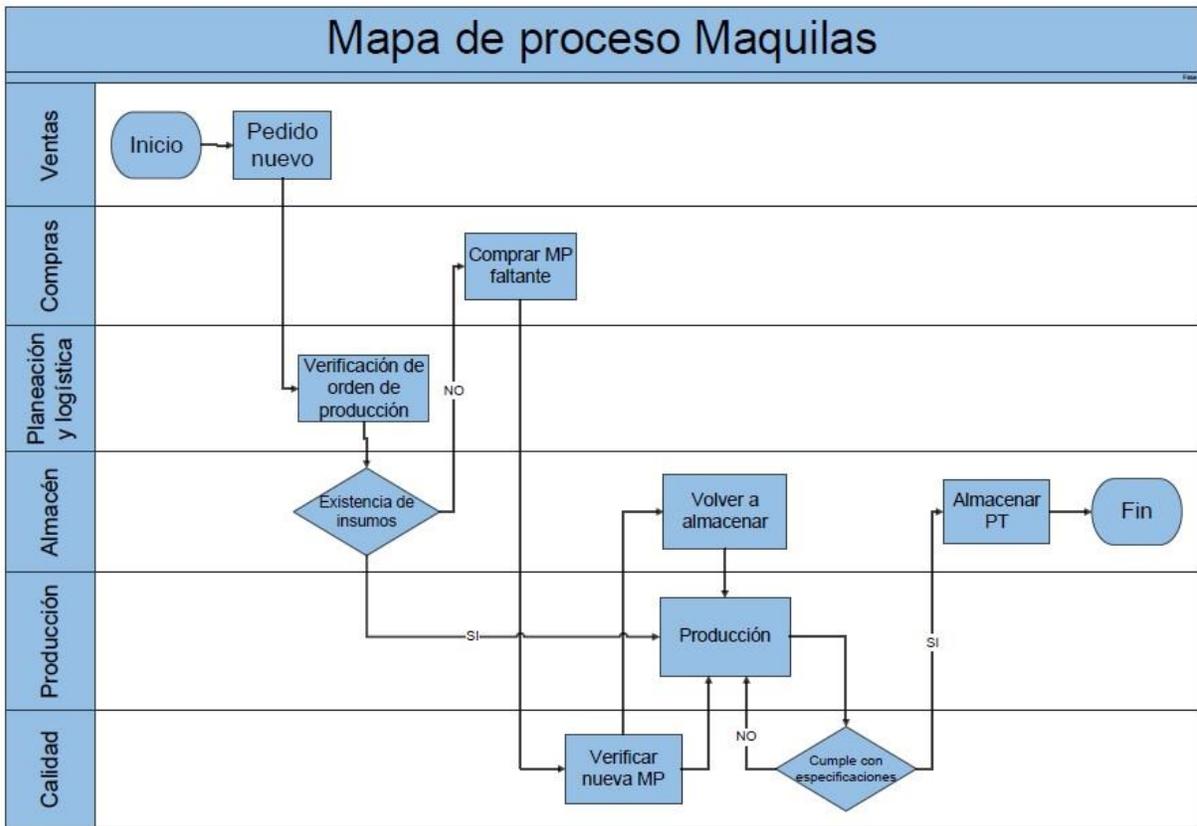


Figura 20 Mapeo de proceso shampoo

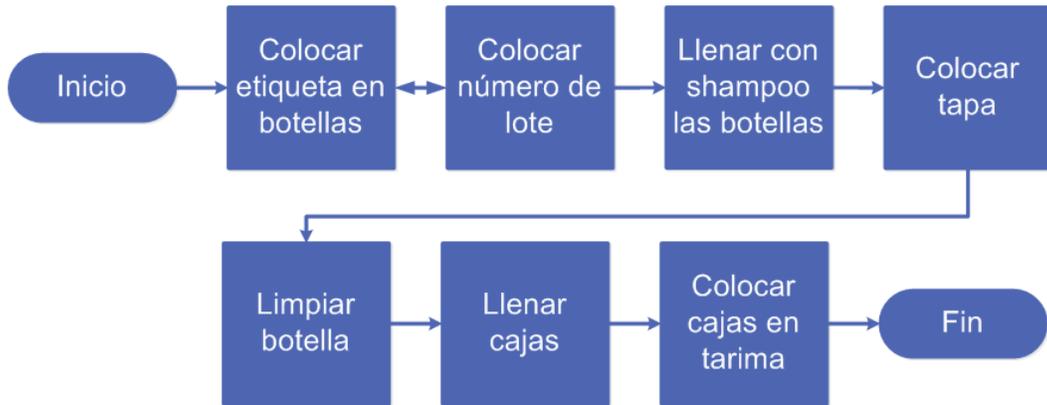


Figura 21 Mapeo proceso de acondicionado estado inicial

## 3.2 Medir

El muestreo fue realizado en un total de 20 lotes de shampoo por un periodo de 2 meses con fabricación de acuerdo a la demanda.

Se consideró que un lote está conformado por 6 tarimas, cada tarima contiene 96 cajas con 12 botellas de shampoo cada una.

El área de calidad realiza un muestreo a cada lote, tomando cajas de diferentes partes de cada tarima e inspeccionando cada botella, con los resultados obtenidos de ese muestreo en caso de encontrar algún defecto se levanta un reporte de rechazo interno, éste especifica el error encontrado y el número de veces que se encontró por caja. De acuerdo a dichos reportes los defectos potenciales obtenidos fueron:

- Mal etiquetado
- Faltantes de botellas de shampoo en las cajas
- Número de lote erróneo
- Botellas sin número de lote
- Peso de botella incorrecto
- Composición química fuera de especificación

Se contabilizó el número de defectos en cada uno de los lotes obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

Lote	Defectos potenciales	Número de defectos	Número de defectivos
Lote 1	Lote erróneo	2	2
Lote 2	Sin lote	1	1
Lote 3	Sin lote	1	1
Lote 4	Mal etiquetado	1	1
Lote 5	Sin lote	1	1
Lote 6	Sin lote	13	9
Lote 7	Lote erróneo	2	1
Lote 8	Sin lote	2	2
	Faltantes	2	2
Lote 9	Faltantes	1	1
Lote 10	Sin lote	1	1
	Faltantes	1	1
Lote 11	Faltantes	1	1
Lote 12	Sin lote	1	1
Lote 13	Lote erróneo	3	2
Lote 14	Mal etiquetado	2	1
Lote 15	Peso de botella	1	1
Lote 16	Faltantes	4	4
Lote 17	Química del shampoo	1	1
Lote 18	Faltantes	3	3
Lote 19	Faltantes	3	3
Lote 20	Faltantes	1	1
Totales		48	41

*Tabla 1 Muestreo cajas de shampoo*

En la Tabla 1 se muestra el número de defectos encontrados en cada lote. Se consideró cada caja como unidad. Se define como defectivo el número de cajas con defectos, sin importar cuantos tenga cada caja.

En el lote número 6 se presentó una condición especial de causa conocida, debido a que ese día en particular no se presentaron a trabajar las especialistas en colocar el número de lote en las botellas, por ésta razón se detectó un pico fuera de los límites de especificación en la cantidad de defectos del lote. Este dato en específico no se consideró para el estudio debido a que la causa era conocida y raramente volvería a ocurrir.

### 3.2.1 Gráfico de control

Una vez obtenidos los datos anteriores, se generó el siguiente gráfico de control de la Figura 22, donde podemos observar 19 lotes en total, ya que no se contabilizó el dato del lote 6. También se muestra que todos los datos están dentro de los límites superior e inferior de control.

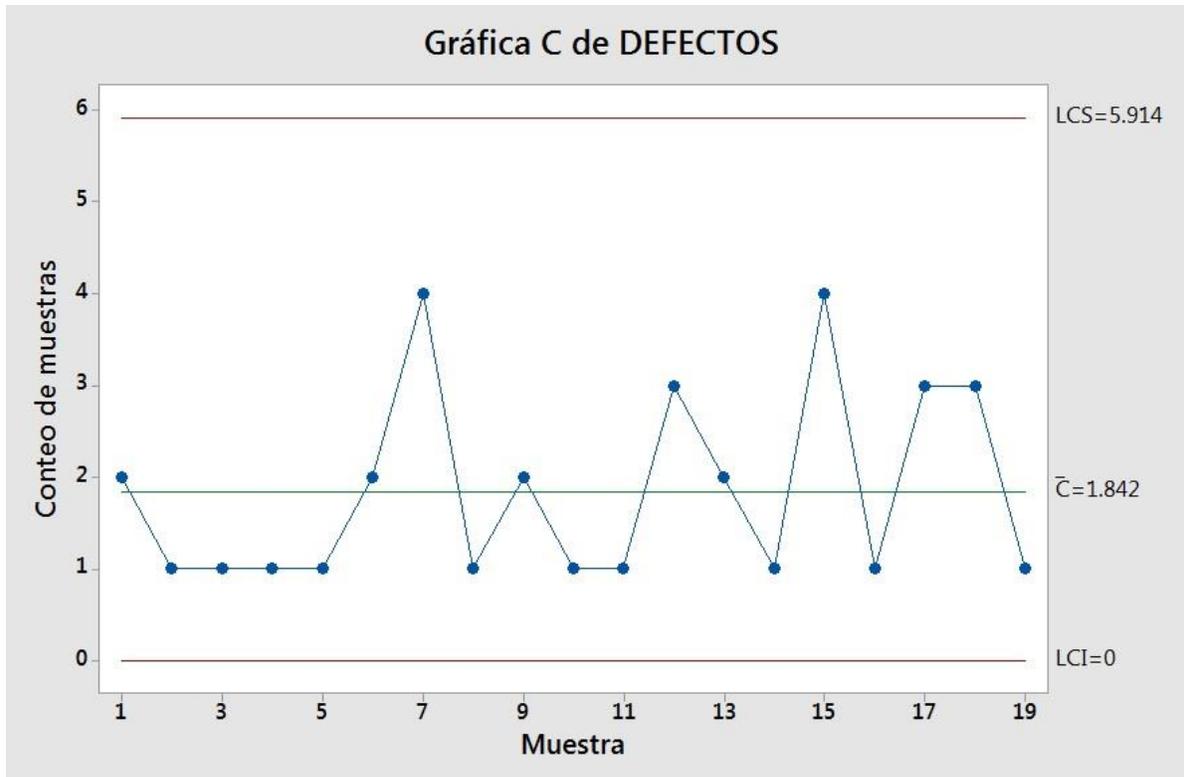


Figura 22 Gráfico de control de defectos

### 3.2.2 Medidas de desempeño

Aplicando las fórmulas de defectos por unidad (DPU), defectos por millón de oportunidades (DPMO) y partes por millón defectivos (PPM), se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 2 el DPU muestra el número promedio de defectos por caja, el DPMO muestra el promedio de cada defecto presente en un millón de cajas y el PPM es el número de cajas defectivas en un millón de cajas.

También se obtuvieron las medidas de desempeño globales para tener una idea general de cómo estaba funcionando el proceso independientemente del tipo de defecto que se presentara.

Lote	Defectos potenciales	Número de defectos	Número de defectivos	DPU	DPMO	PPM
Lote 1	Lote erróneo	2	2	0.003472222	578.7037037	3472.222222
Lote 2	Sin lote	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
Lote 3	Sin lote	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
Lote 4	Mal etiquetado	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
Lote 5	Sin lote	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
Lote 7	Lote erróneo	2	1	0.003472222	578.7037037	1736.111111
Lote 8	Sin lote	2	2	0.003472222	578.7037037	3472.222222
	Faltantes	2	2	0.003472222	578.7037037	3472.222222
Lote 9	Faltantes	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
Lote 10	Sin lote	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
	Faltantes	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
Lote 11	Faltantes	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
Lote 12	Sin lote	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
Lote 13	Lote erróneo	3	2	0.005208333	868.0555556	3472.222222
Lote 14	Mal etiquetado	2	1	0.003472222	578.7037037	1736.111111
Lote 15	Peso de botella	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
Lote 16	Faltantes	4	4	0.006944444	1157.407407	6944.444444
Lote 17	Química del shampoo	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
Lote 18	Faltantes	3	3	0.005208333	868.0555556	5208.333333
Lote 19	Faltantes	3	3	0.005208333	868.0555556	5208.333333
Lote 20	Faltantes	1	1	0.001736111	289.3518519	1736.111111
Totales		35	32	0.003198099	533.0165692	2923.976608

Tabla 2 Medidas de desempeño del proceso

### 3.2.3 Diagrama de Pareto

Para llevar a cabo un mejor análisis de los datos se decidió agruparlos de acuerdo al defecto que se presentó independientemente del lote al que correspondiera, con el fin de observar la frecuencia de cada defecto, los datos ya agrupados se muestran en la Tabla 3.

Defectos potenciales	Frecuencia
Faltantes	16
Sin lote	7
Lote erróneo	7
Mal etiquetado	3
Peso de botella	1
Química del shampoo	1

Tabla 3 Frecuencia de defectos

Se observa que se tienen dos defectos asociados al número de lote, si se implementara una solución para corregirlos se abarcarían ambos, por lo tanto se decide agrupar las dos categorías para realizar un mejor análisis, quedando como se muestra en la Tabla 4.

Defectos potenciales	Frecuencia
Faltantes	16
Defectos en lote	14
Mal etiquetado	3
Peso de botella	1
Química del shampoo	1

Tabla 4 Frecuencia de defectos agrupada

Una vez agrupados los datos, se realizó un Diagrama de Pareto que se muestra en la Figura 23.

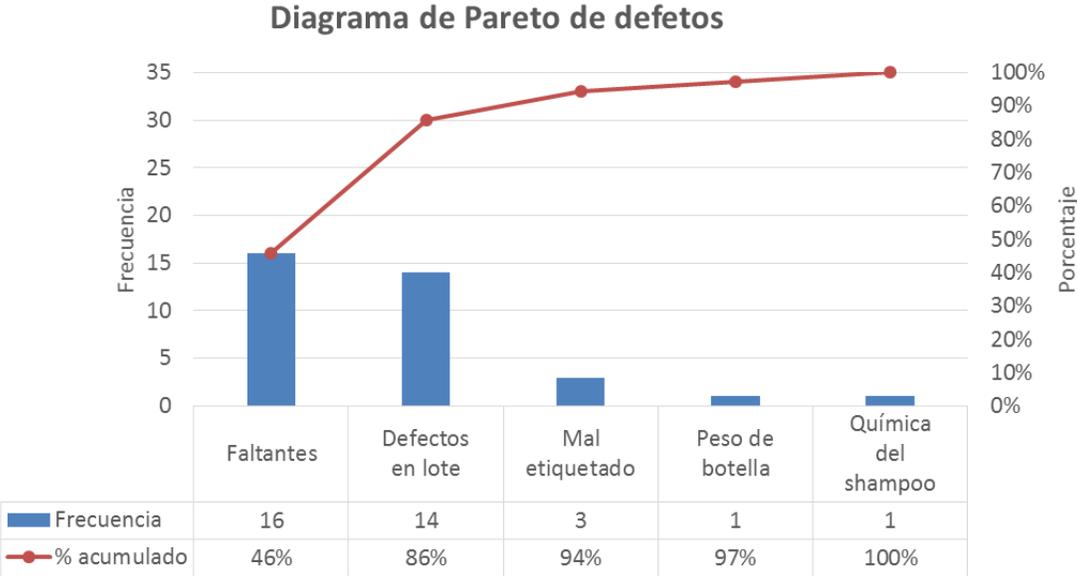


Figura 23 Gráfico de Pareto de defectos

Como podemos observar el Diagrama de Pareto muestra que el defecto “Faltantes” es el que se presenta con mayor frecuencia seguido de “Sin lote”.

### 3.2.4 Gráfico de Pie

En la Figura 24 se muestra otra forma de representar la frecuencia de los defectos, donde se observa claramente que los faltantes representan el 46% de los defectos totales, y los defectos en el lote el 40%.

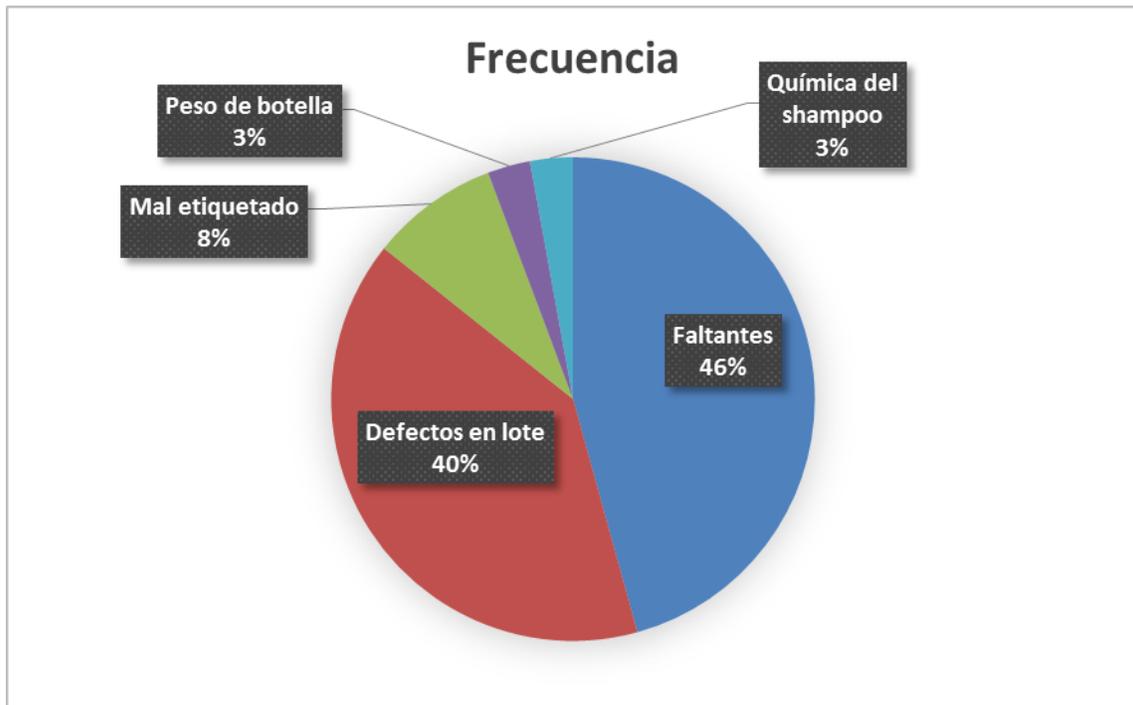


Figura 24 Gráfico de pie frecuencia de defectos

## 3.3 Analizar

Ya recabados los datos e identificados los defectos potenciales comienza la etapa de analizar, que consiste en enfocarse en el o los defectos con mayor ocurrencia, mediante diferentes técnicas se estudia cada uno de los defectos para llegar a las causas raíz y posteriormente decidir qué herramientas se deben utilizar para atacar dichos problemas.

### 3.3.1 Nueve desperdicios

Cuando un proceso es analizado es necesario contemplar las afectaciones que podrían generar los defectos en cuanto a la eficiencia del proceso, para ello se realizó un análisis de los 9 desperdicios, es decir, identificar en que parte del proceso podrían presentarse algunos desperdicios como consecuencia de los errores. Dicho análisis se muestra en la Figura 25.

Re trabajos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cualquier defecto que se presente implica que el producto vuelva a producción para corregir el error</li> </ul>
Defectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presentan defectos como: faltantes en cajas, lote erróneo, sin lote, mal etiquetado, peso de botella incorrecto</li> </ul>
Movimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regresar lotes defectivos a la línea de producción</li> </ul>
Sobre producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -</li> </ul>
Inventario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventario de lotes defectivos</li> </ul>
Espera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas insuficientes</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desorden en la línea lo que propicia caminar cada vez que se busca obtener los materiales</li> </ul>
Talento de la gente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay rotación de gente dentro de la línea para identificar puntos fuertes</li> </ul>
Re priorización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -</li> </ul>

Figura 25 Análisis de los 9 desperdicios

### 3.3.2 Diagrama de Ishikawa

Las herramientas aplicadas anteriormente (Diagrama de Pareto y Gráfico de Pie) ayudaron a definir los dos defectos que se presentaban con mayor frecuencia en los lotes de shampoo que son: faltantes y defectos en el número de lote, por lo tanto se aplicaron herramientas de análisis que ayudaran a encontrar las causas raíz de esos defectos, una de las herramientas fue el diagrama de Ishikawa donde se analizó cada uno de los defectos por separado tomando en cuenta 5 ámbitos: mano de obra, medio ambiente, método, material y máquina. En la Figura 26 se muestra el análisis del defecto “faltantes” y en la Figura 27 se muestra el análisis de defectos en número de lote.

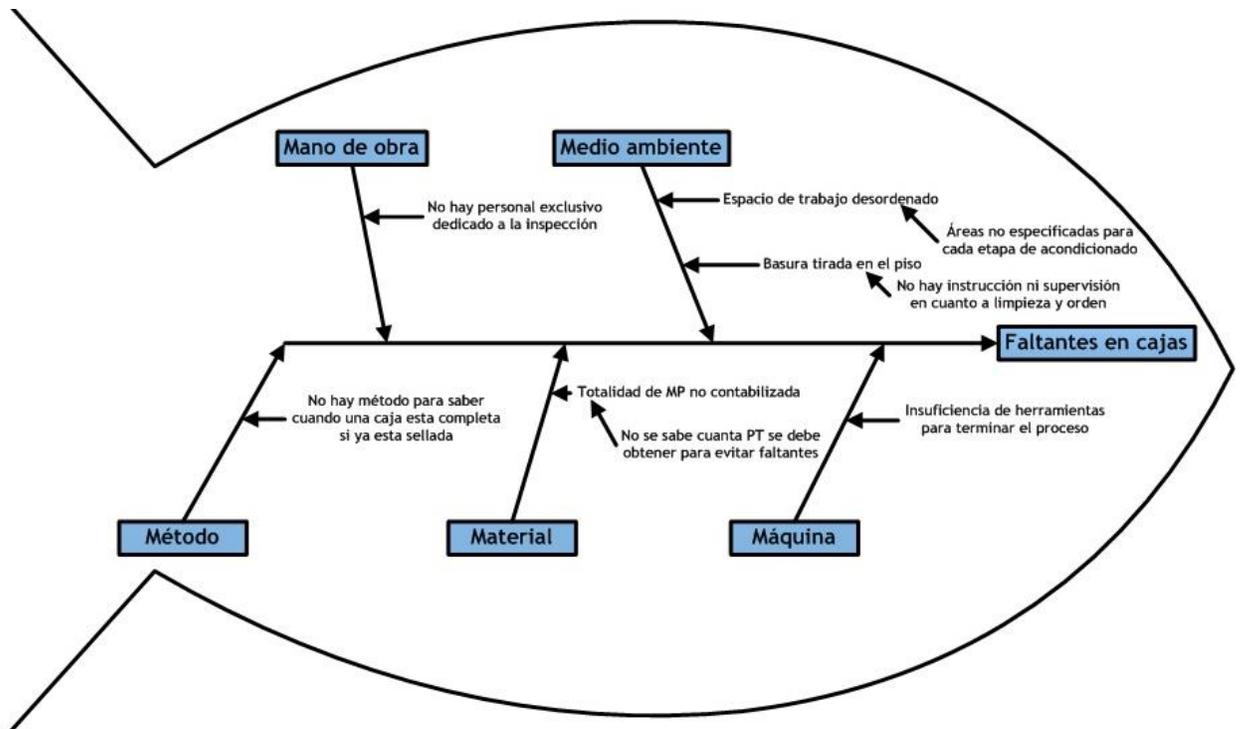


Figura 26 Diagrama de Ishikawa de faltantes

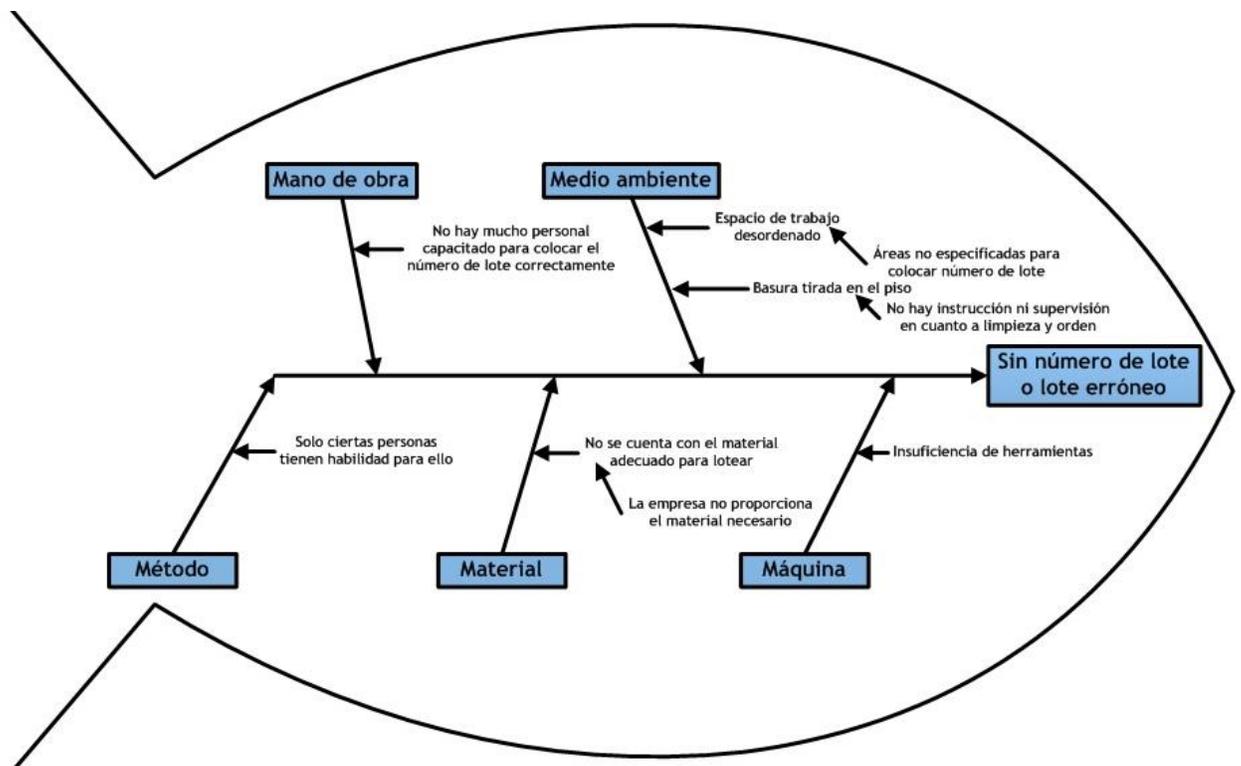


Figura 27 Diagrama de Ishikawa de defectos en número de lote

### 3.3.3 Cinco por que's

Otra forma de encontrar las causas raíz de los defectos que se utilizó fue la herramienta de 5 por que's, donde se intentó llegar a lo que estaba causando el defecto "faltantes" como lo muestra la Figura 28.

Problema	¿Por qué?
Hay faltantes en las cajas de shampoo	1 Porque no se contabilizan antes de cerrarse
	2 Porque hay cajas completas e incompletas en todos lados
	3 Porque no se han designado áreas específicas para cada parte del proceso, ni un lugar específico para cada material de trabajo
	4 Porque no se distribuye bien la línea de producción
	5 Porque a nadie se le había ocurrido ordenar

Figura 28 5 por que's de faltantes en caja

### 3.3.4 Tormenta de ideas

Posteriormente se llevó a cabo una tormenta de ideas con los operarios y encargados del proceso para tomar en cuenta las opiniones y sugerencias de mejora para los dos defectos que se presentan con mayor frecuencia y así llegar a un acuerdo acerca de las medidas prioritarias que se debieron implementar inmediatamente con el fin de evitar la reincidencia de los mismos.

Los resultados obtenidos en la tormenta de ideas se muestran en la Figura 29.

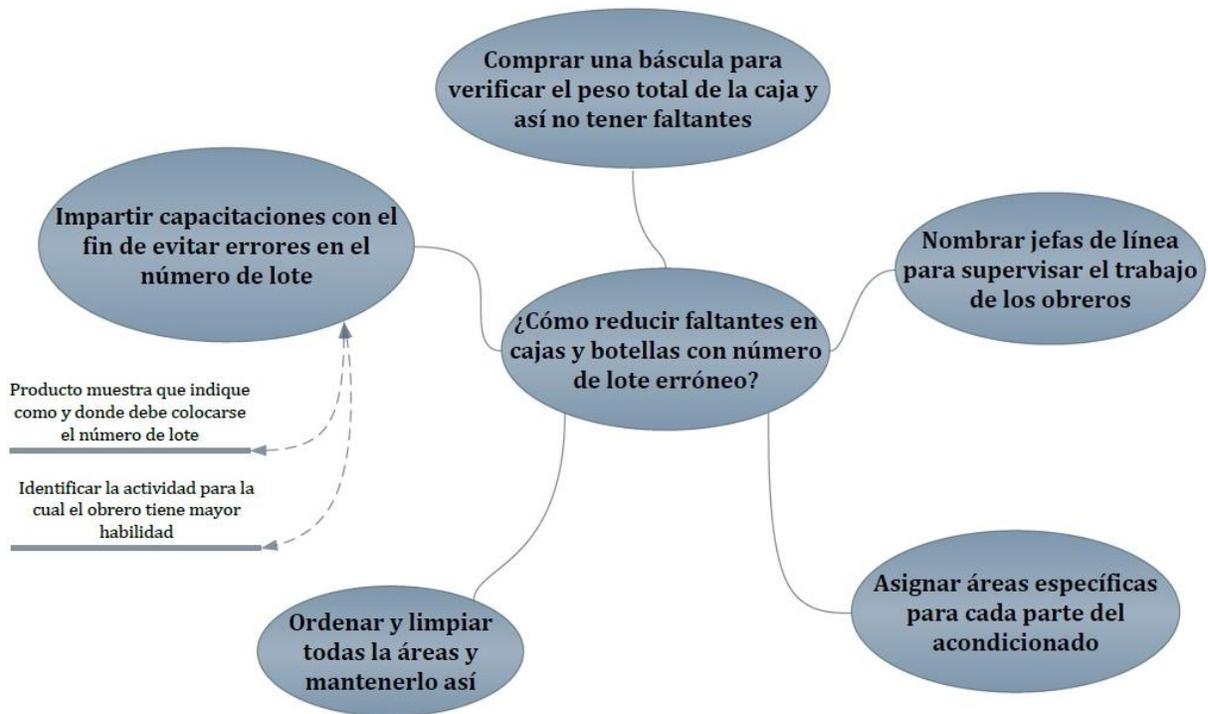


Figura 29 Tormenta de ideas de defectos

### 3.4 Mejorar

Las herramientas aplicadas en la etapa Analizar permitieron identificar algunas de las soluciones para la mejora del proceso y la disminución de los defectos, es en la etapa de Mejorar cuando el consultor Green Belt debe interpretar dichas soluciones y convertirlas en herramientas fáciles de aplicar y de entender para los operarios con el fin de garantizar su eficacia y permanencia.

#### 3.4.1 Análisis de modo y efecto de la falla (AMEF)

Los defectos en cualquier proceso inevitablemente provocan un impacto en el cliente. En el caso de Acondicionado de shampoo para determinar la afectación que tiene en el cliente cada tipo de defecto y la severidad del mismo, se realizó un AMEF que se muestra en la Figura 30, donde se puede observar que el número de prioridad de riesgo indica que “faltantes” es el defecto que puede tener un impacto mayor en el cliente, por lo tanto se decide que se debe comenzar implementado las herramientas sugeridas para atacar este defecto.

Las acciones recomendadas para cada defecto son una agrupación de las soluciones obtenidas con anterioridad y que el consultor Green Belt se encargó de traducir a herramientas de Lean Manufacturing que englobaban todos los resultados obtenidos tanto en la tormenta de ideas como en los diagramas de Ishikawa y 5 por qué's.

Función del proceso	Modo de la falla potencial	Efecto de la falla potencial	S E V	Causas potenciales	O C U R	Controles actuales	D E T E C	N P R	Acciones recomendadas
Acondicionado de shampoo	Número de lote erróneo	Rechazo interno/ externo	10	Operario	8	No hay	4	320	SMED, 5's, verificación diaria del número de lote a producir
	Faltantes	Rechazo interno/ externo	10	Operario	7	No hay	5	350	5's, Poka yoke (báscula)
	Sin # de lote	Rechazo interno/ externo	10	Operario	3	No hay	1	30	Inspección final antes de calidad
	Mal etiquetado	Rechazo interno/ externo	10	Operario	2	No hay	5	100	Capacitación
	Peso de botella	Rechazo interno/ externo	8	Operario/ báscula mal calibrada	1	Si hay	8	64	Tarar, arreglar báscula

Figura 30 AMEF defectos

La Tabla 5 muestra las herramientas que se aplicaron para los dos defectos con mayor repercusión para el cliente.

Faltantes	Defecto en lote
5's	5's
Poka yoke	SMED

Tabla 5 Herramientas Lean Manufacturing

### 3.4.2 Implementación de 5's

Las líneas de producción no estaban ordenadas ni existía un lugar específico para cada materia prima ni para cada función, al no contar con algún tipo de control o de revisión no se localizaban las botellas que no tenían etiqueta o la tenían mal colocada, que tenían algún error en el número de lote, es decir, que no cumplían con las especificaciones, frecuentemente había confusiones pues se mezclaban en las tarimas cajas completas de shampoo con otras que aún no se terminaban.



*Foto 1 Fotos estado inicial*

Por lo tanto se implementaron las 5's en todas las líneas de producción.

#### 1. Integración de equipos

El primer paso fue dar una introducción a cada línea de producción acerca de los objetivos planteados con la implementación de 5's, la teoría básica y ejemplos claros de cómo se llevan a cabo cada una de las etapas, para ello se utilizó material de apoyo que se encuentra en el Anexo 1.

Una vez que todo el personal tenía conocimiento de la herramienta, de manera voluntaria se integraron equipos de seis personas, uno por cada línea de producción.



*Foto 2 Equipos de trabajo*

## 2. Implementación S1 Separar y descartar

Antes de cada implementación de una “s” se impartía una capacitación sencilla acerca de lo que se debía hacer en cada una, se entregaba material de apoyo a cada una de las integrantes de las líneas de producción y se asignaban responsabilidades a cada miembro de los equipos para verificar la implementación y cumplimiento de la “s” correspondiente, el material de cada una de las etapas se incluye en el Anexo 1.

La implementación comenzó con la S1 Separar y descartar, que consistió en identificar material obsoleto o que no correspondiera al área o al producto que se estaba fabricando y eliminarlo del área.



*Foto 3 S1 Separar y descartar*

### 3. Implementación S2 Señalar y ordenar

Con las cosas innecesarias fuera del área de trabajo, el paso siguiente fue delimitar las áreas para asignarle a cada línea de producción un espacio determinado para cada función, también se aginaron espacios específicos para materia prima, producto terminado antes de aprobación de calidad y producto terminado aprobado. Para evitar errores en el número de lote se dispuso de un área exclusiva para las operarias expertas en la colocación del lote.



*Foto 4 S2 Señalar y ordenar*

### 4. Implementación S3 Limpiar

En esta etapa se decidió utilizar los últimos 30 minutos de las jornadas diarias para dedicarlos a limpieza y a la preparación del área para el siguiente día. Se dispuso de un área específica para almacenar los utensilios de limpieza y de un bote de basura para cada línea.

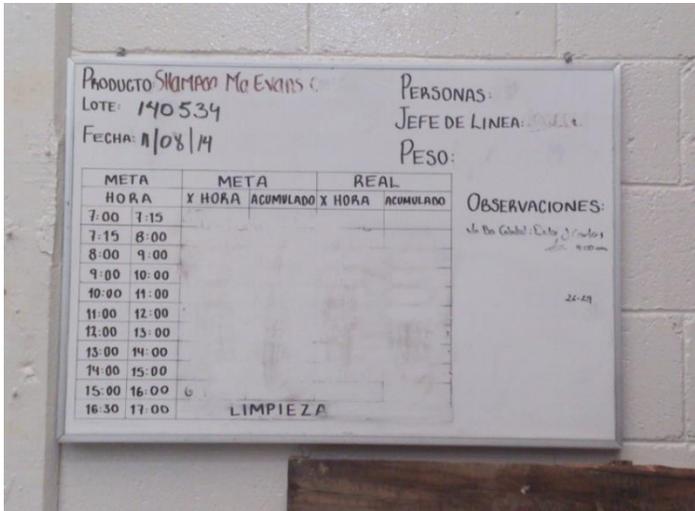


Foto 5 S3 Limpiar

### 5. Implementación S4 Simplificar y estandarizar

A cada línea de producción se le colocó un pizarrón en un área visible para todos, en él se debe registrar el nombre del producto que se esta acondicionando, fecha, número de personas en la línea de producción, el número de lote correspondiente, la persona encargada de la línea y el total de piezas (botellas) fabricadas cada hora, también se dispuso un espacio adicional para colocar un esquema que describa las especificaciones necesarias para el producto que se esté acondicionando: forma de colocar las etiquetas, el lugar para colocar el número de lote, el número de lote con el que se debe trabajar, la orientación de la tapa, el peso correcto de la botella, etc., de esa forma ante cualquier duda se puede acudir al pizarrón y evitar defectos en el producto final.

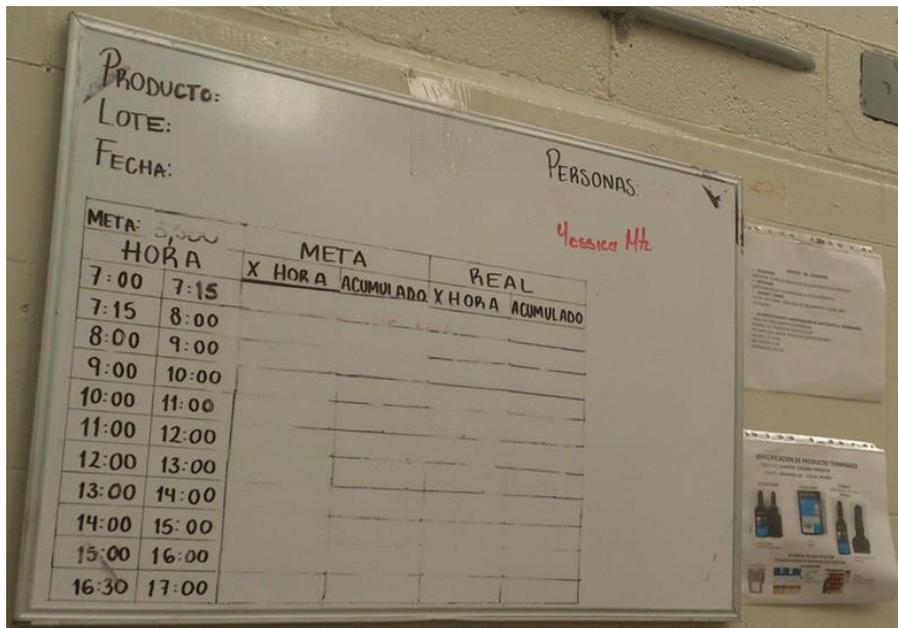


Foto 6 S4 Simplificar y estandarizar

## 6. Implementación S5 Mantener

En esta etapa se trabajó con el personal para recordarles la importancia de mantener el orden y la limpieza, los equipos representantes de cada línea estarán a cargo de supervisar que se cumpla la limpieza diaria, mantener los espacios ordenados y libres de basura, verificar que los objetos utilizados sean colocados en las áreas destinadas para ello y mantener actualizados los pizarrones y las especificaciones del producto.

### 3.4.3 Implementación de Poka yoke

Área de oportunidad: Faltantes en cajas

Errores que son propensos a presentarse:

- ❖ Errores debido a olvidos
- ❖ Errores debido a falta de estándares o normas

La Figura 31 muestra el tipo de Poka yoke aplicado: de paro y control, diseñado para detectar errores cuando ya ocurrieron.

Poka yoke: colocación de báscula en el final de la línea de producción.

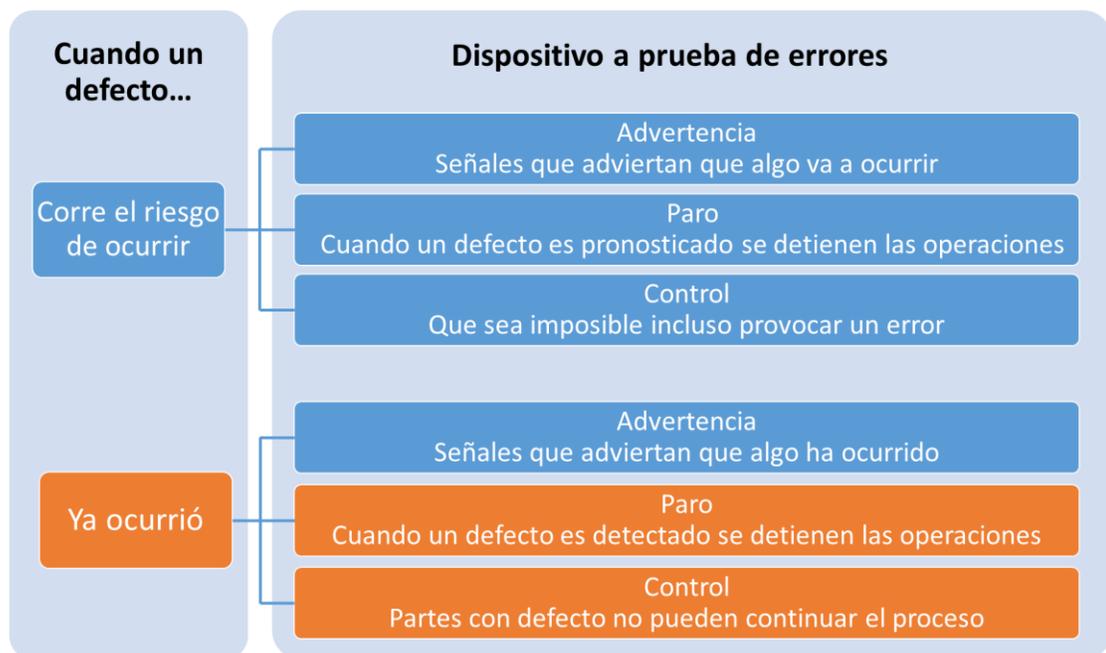
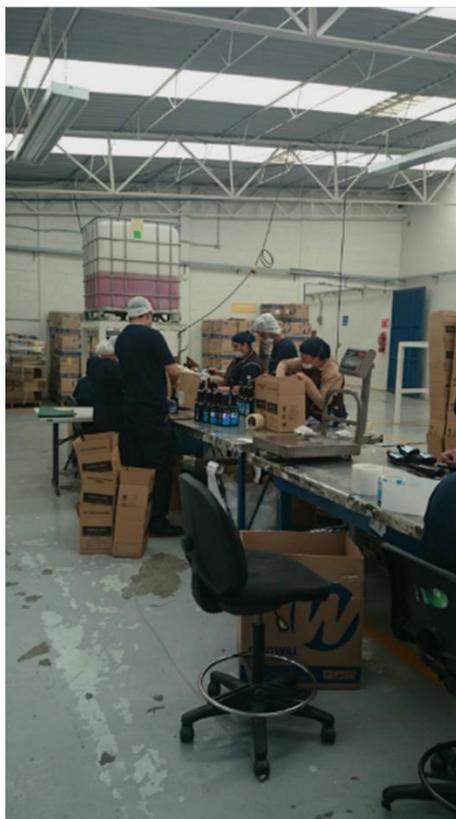


Figura 31 Selección de Poka yoke

Para solucionar el problema de faltantes en las cajas se agregó una báscula en la parte final de cada línea de producción, en ella se debe pesar cada caja antes de ser colocada en la tarima; previamente

se hizo el cálculo del peso promedio que cada caja debe mostrar tomando encuentra el peso del cartón y de cada botella y con ello se obtuvo el peso máximo y mínimo permitido por caja para asegurar que nunca se tengan faltantes de botellas en las cajas.

La acción que el operario debe realizar cuando observe que el peso no está dentro de las especificaciones es regresar esa caja al paso anterior para que sea inspeccionada y sea corregido el error, con ello se evita que el defecto llegue al cliente interno inmediato que es el departamento de Calidad y por supuesto al cliente externo que solicitó el pedido.



*Foto 7 Poka yoke báscula*

### 3.4.4 Implementación de SMED

Para la implementación de SMED se siguió la metodología existente aplicada al proceso de acondicionamiento de shampoo, cada paso se describe a continuación:

1. Definir actividades internas y externas

Como primer paso al implementar un SMED se clasificaron las partes del proceso de acondicionamiento de shampoo en actividades externas e internas.

Obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 6, se puede observar que las actividades clasificadas como externas únicamente eran codificar y etiquetar, ya que se realizaban con la línea trabajando. Sin embargo las actividades internas debían detener la línea de producción para realizarlas debido a que no se contaba con un plan de mantenimiento preventivo, no se preveía la cantidad necesaria de materia prima para completar el pedido en la jornada correspondiente, tampoco existía comunicación con el departamento de químicos que se encargaba de la fabricación del shampoo, quedándose sin suministro de shampoo en la mitad de la jornada provocando que la línea parara.

Situación inicial	Actividades externas	Actividades internas
	Codificar	Llenar
	Etiquetar	Limpiar
		Surtir material
		Empacar
		Dar mantenimiento a llenadora
		Colocar válvulas
		Cambiar contenedor
		Ajustar nivel de llenado

Tabla 6 Situación inicial SMED

2. Posteriormente se eliminaron los elementos externos.

El codificado (colocar el número de lote) fue identificado como un claro cuello de botella en el acondicionamiento de shampoo, debido a que este proceso aún se realiza a mano y botella por botella; por ello es una actividad que se debe realizar por adelantado e independientemente de la línea de producción. Un problema que se presentó fue que se contaban con pocas operarias capacitadas para realizar esta actividad y cuando no se presentaron a trabajar, se retrasaba todo el proceso.

Para evitar imprevistos posteriores en el codificado se implementó un programa de capacitación para que todos los integrantes de la línea aprendieran a colocar el número de lote. Las capacitaciones las impartieron las expertas en dicha actividad y fueron programadas sesiones de 30 minutos, una sesión diaria al terminar el turno durante dos semanas.

Lo que se buscó con la capacitación fue contar siempre con personal suficiente para realizar el codificado en todas las líneas, y que pudiera siempre realizarse sin tener que detener la línea de producción.

### 3. Convertir elementos internos en externos

Surtir material. Otro problema observado con frecuencia es que se debía detener la producción cuando se les terminaba algún componente necesario por ejemplo botellas, etiquetas, tapas, etc. Para evitarlo se comunicó a las jefas de línea la cantidad exacta de material que debían solicitar diariamente al almacén ya que se conocía previamente la capacidad de producción por línea; se estableció que la solicitud de material debía hacerse al finalizar cada turno para que el almacén se encargara de surtir el material el mismo día y que estuviera listo para que la línea comenzara a trabajar en cuanto el turno comenzara al día siguiente.

Llenar. También se intentó mejorar la comunicación con el área de fabricación del shampoo para que no se emitiera la orden de producción sin verificar previamente que se tuviera la cantidad suficiente de shampoo para satisfacer dicha orden.

Mantenimiento a llenadora. Se implementó un programa de mantenimiento preventivo a la maquinaria fuera de horas de trabajo, para evitar paros en la producción debido a fallas en los equipos.

Cambiar contenedor. Otra actividad que se realizaba era utilizar una bomba para rellenar el contenedor de shampoo que abastecía a la llenadora, el shampoo se almacenaba en recipientes de plástico, esta maniobra provocaba que la línea se detuviera y tomaba mucho tiempo volver a llenar el contenedor, la acción correctiva fue contar con dos contenedores por línea, e intercambiarlos cuando uno de ellos estuviera vacío esto eliminó los tiempos de rellenado del contenedor y se evitó el uso de la bomba.

### 4. Reducir los elementos internos restantes

Empacar. Las botellas terminadas no se empacaban de inmediato lo cual provocaba que se acumularan y hacían insuficiente el espacio de trabajo, esto se solucionó agregando un paso más al proceso, en donde una persona se encargaba de colocar las botellas en sus respectivas cajas, pesarlas y colocarlas en las tarimas.

Cambiar válvulas. Las válvulas utilizadas en los contenedores no eran las adecuadas para el tipo de salida de los contenedores provocando fugas constantes y por ende, paros en la producción. La solución propuesta fue solicitar al departamento de mantenimiento la fabricación de nuevas válvulas herméticas adecuadas para el tipo de contenedor.

Ajustar nivel de llenado. El nivel de llenado de las botellas se ajustaba mediante una tuerca que permitía en mayor o menor cantidad en paso del shampoo, sin embargo, ésta se desajustaba constantemente provocando sobrellenados o llenados insuficientes en las botellas, para ello se adquirieron repuestos de tornillo y tuerca, de esta forma se cambiaban las piezas periódicamente

cuando se realizaba el mantenimiento a la maquinaria eliminando ajustes durante las horas de producción.

### 5. Reducir los elementos externos

Etiquetar. En esta etapa se estableció que el orden del proceso debía ser siempre etiquetar las botellas antes de ser llenadas, para evitar fatiga debido al peso de la botella llena.

Una vez realizadas todas las herramientas de mejora se realizó nuevamente el mapeo del proceso, ya que sufrió modificaciones debido a la necesidad de evitar defectos a futuro, el mapeo del estado final se muestra en la Figura 32, aunque se podría pensar que es un proceso más largo, en realidad se reorganizó el proceso para que tuviera la secuencia más apta para hacer el proceso más eficiente. El único paso se agregó fue el de pesar la caja, lo cual no impacta en el tiempo de producción debido a que la báscula se colocó en la misma área de cierre de caja.

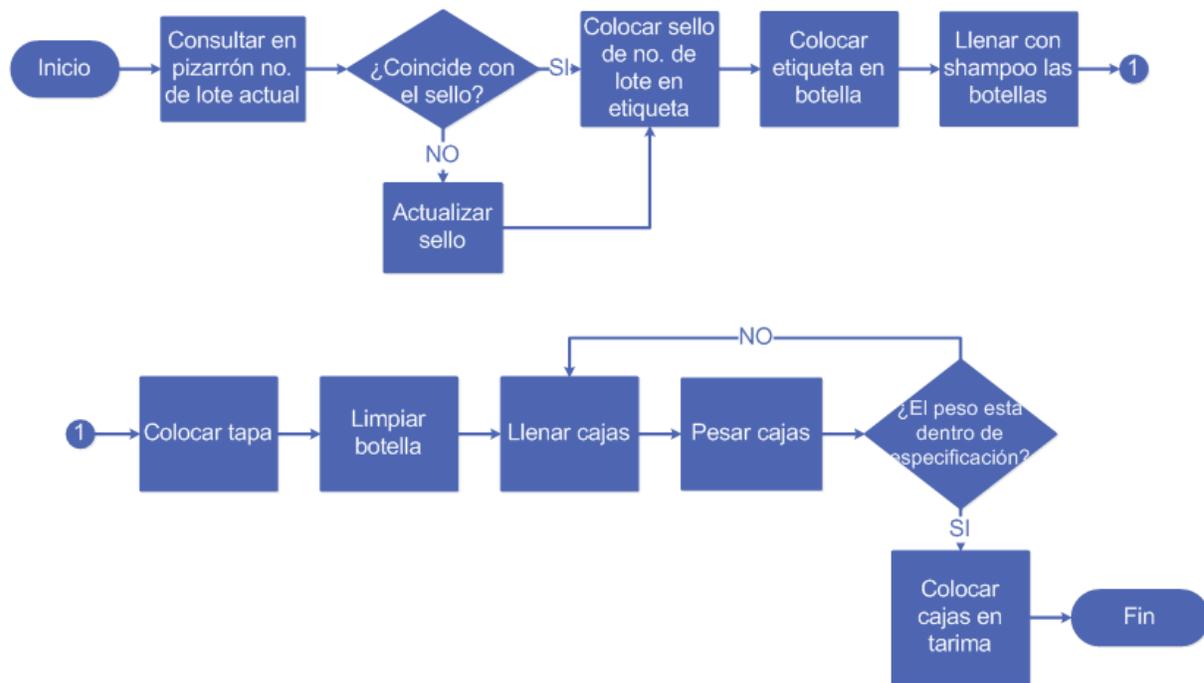


Figura 32 Mapeo de acondicionamiento de shampoo del estado final

### 3.5 Controlar

La etapa de control la conforman directamente las medidas tomadas con cada una de las herramientas de Lean Manufacturing aplicadas, es decir, en 5's con el pizarrón y la hoja de especificaciones se busca mantener el orden y limpieza diaria en las líneas, para garantizar la continuidad se realizaron las delimitaciones y señalizaciones de las áreas.

Otra medida de control fue el establecimiento de los 30 minutos de limpieza previos a la finalización de cada turno.

En Poka yoke se colocó permanentemente la báscula en el final de la línea de acondicionamiento.

En SMED cada uno de los cambios aplicados fueron definitivos para evitar en la medida de lo posible que los errores vuelvan a ocurrir.

Como medida de control adicional se redactaron procedimientos predeterminados para la realización de las actividades garantizando uniformidad en la calidad de los productos y facilitando la capacitación de nuevos integrantes en las líneas.

Finalmente para analizar si los resultados obtenidos eran satisfactorios y cumplían con los objetivos planteados, se realizó nuevamente la recolección de datos tomando el mismo número de lotes analizados al principio, y realizando el conteo de la presencia de rechazos internos. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 7.

Lote	Defectos encontrados	Número de defectos	Número de defectivos	DPU	DPMO	PPM
Lote 1	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 2	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 3	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 4	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 5	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 6	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 7	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 8	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 9	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 10	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 11	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 12	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 13	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 14	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 15	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 16	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 17	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 18	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 19	Ninguno	0	0	0	0	0
Lote 20	Ninguno	0	0	0	0	0
<b>Totales</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Tabla 7 Estado final de defectos

Esta recolección de datos se debe realizar periódicamente para observar si el proceso sigue bajo control o de lo contrario implementar las medidas necesarias para corregirlo.

## CONCLUSIONES

En la mayoría de las empresas existen problemas que se presentan cotidianamente, áreas de oportunidad que se deben analizar para elegir la mejor opción para solucionarlos. La metodología Six Sigma ha sido una de las principales metodologías utilizadas gracias a este interés de las empresas por mejorar la eficiencia de sus procesos y mejorar la calidad de sus productos.

Con este enfoque se llevó a cabo la implementación de Six Sigma en la empresa, obteniendo resultados satisfactorios ya que se logró la eliminación total de los rechazos internos debido a los defectos en los productos, para lograrlo se analizó a fondo cada etapa del proceso y con ayuda de la técnica 5's se reorganizaron las líneas de producción, de tal modo que estuvieran ordenadas y en la secuencia adecuada.

También se agregaron ciertos controles en algunas partes del proceso como una báscula y un rol de limpieza, para garantizar la permanencia de las mejoras, evitando la presencia de defectos a largo plazo y mejorando la limpieza, estas medidas también serán de gran utilidad en el futuro, pues, si se incorporaran nuevas personas en el proceso, su familiarización con el mismo sería mucho más rápida, ya que se estableció un proceso permanente a seguir y también siguen siendo aplicables las medidas de prevención de errores.

Cada una de las técnicas de Lean Manufacturing que fueron implementadas reflejaron beneficios inmediatos para la empresa no solo en eficiencia y calidad sino económicos, en un principio la cantidad de horas extra que se debía pagar por re trabajos para solucionar los defectos superaba las 14 horas por persona cada semana, posterior a la mejora se redujeron de aproximadamente \$32,000 al mes a menos de \$1,500 mensual.

Personalmente fue un reto realizar este proyecto debido a la dificultad que representa que una empresa permita a alguien ajeno adentrarse en sus procesos, y aún más sugerir cambios, por ello la preparación es fundamental, demostrar que se cuenta con los conocimientos necesarios contribuye a inspirar confianza para llevar a cabo mejoras. También debí analizar a fondo el proceso, demostrando las ventajas no solo de calidad sino económicas que representarían las mejoras para la empresa.

Sin embargo el conocimiento teórico es solo una parte de lo que se requiere para realizar un proyecto exitoso, durante el proceso de la implementación tuve que mejorar los canales de comunicación con las personas, ya que se entablan relaciones con empleados de todas las jerarquías dentro de la empresa, debiendo tratar a todos con respeto y buscando la forma más adecuada de explicar el proyecto para contar con el apoyo y entusiasmo de todo el personal.

Cuando inició el proyecto había mucha rotación de personal, lo cual fue bueno en cierta parte pues los nuevos trabajadores que se integraban iniciaban ya con la mentalidad de realizar las actividades de formas eficientes y no compartían la idea de que las cosas siempre se habían hecho de una manera

y no debía cambiar, esto demostró a los demás trabajadores que siempre se debe estar abierto a cambios que permitan mejorar las actividades cotidianas y que estos cambios les benefician teniendo menos trabajo físico y evitando tener horas extras por no cumplir con la producción solicitada.

Una vez ganada la confianza de los trabajadores obtuve gran apoyo por parte de todas las líneas de producción y esto se tradujo en la disminución de rechazos internos y en trabajadores capacitados en técnicas de mejora que podían aplicar no solo a un proceso sino a cada actividad de la vida diaria; todos estos pequeños cambios me ayudaron a mostrar resultados satisfactorios a la gerencia y con ello demostrar que a pesar de no tener experiencia laboral previa, la facultad me había proporcionado las herramientas necesarias para tener confianza en mis conocimientos y poder transmitirlos exitosamente.

Fue muy satisfactorio haber cumplido con los objetivos y concluir con éxito el proyecto, a pesar de contar con recursos limitados, dificultades técnicas, la poca confianza inicial, quedó demostrado que en la mayoría de las ocasiones no se requieren cambios muy costosos sino solamente mejorar la forma en la que se llevan a cabo las actividades.

## **ANEXO 1**

# 5'S ¡¡LO HACEMOS TODOS!!

**S1 SEPARAR Y  
DESCARTAR**



Elimina los objetos que no pertenecen a tu área de trabajo

**S2 SEÑALAR Y  
ORDENAR**



Define un lugar para cada cosa y coloca cada cosa en su lugar

**S3 LIMPIAR E  
INSPECCIONAR**



Asegúrate de que tu área de trabajo esté limpia

**S4 SIMPLIFICAR Y  
ESTANDARIZAR**



Diseña reglas que te permitan mantener tu área de trabajo organizada y limpia

**S5 MANTENER**



Comunica tus resultados a toda la planta y realiza inspecciones mensuales

# S1 SEPARAR Y DESCARTAR

Elimina los objetos que no pertenecen a tu área de trabajo



## Objetivo 1:

Cero elementos ajenos a tu área de trabajo

## ¡¡¡Clasifícalos!!!



**Necesario**



**Dañado**



**Obsoleto**



**Que no pertenece a tu área**

CREA UN AMBIENTE DE TRABAJO AGRADABLE Y EFICIENTE

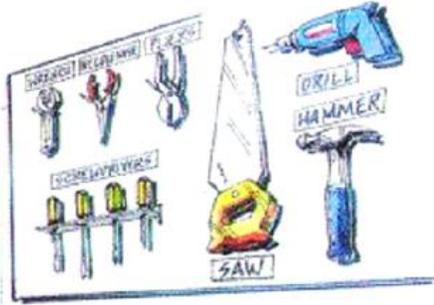
RECUERDA QUE EL CAMBIO  
LO HACES TÚ



# S2

## SEÑALAR Y ORDENAR

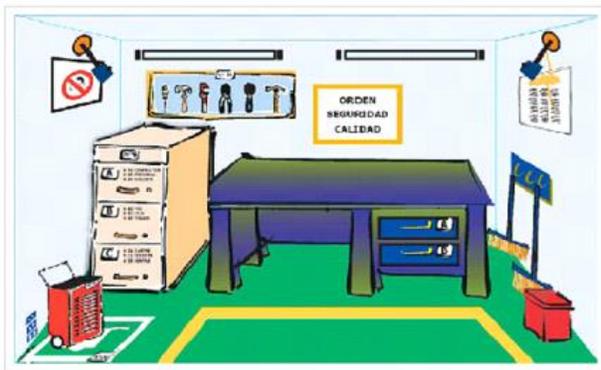
Define un lugar para cada cosa y coloca cada cosa en su lugar



### Objetivo 2:

Regla de los 30 segundos para localizar cualquier elemento

1. Asigna un lugar para cada cosa y señaliza de manera visible y clara.
2. Coloca cada elemento en el lugar asignado, y cada que lo utilices ¡¡¡devuélvelo a su lugar!!!



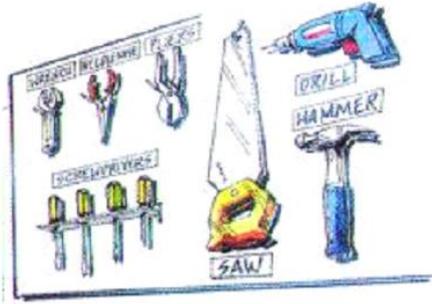
CREA UN AMBIENTE DE TRABAJO AGRADABLE Y EFICIENTE

RECUERDA QUE EL CAMBIO  
LO HACES TÚ



# S3 LIMPIAR E INSPECCIONAR

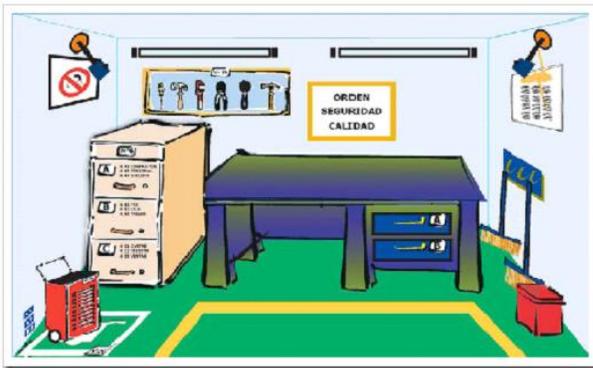
Asegúrate de que tu área de trabajo esté limpia



## Objetivo 2:

Regla de los 30 segundos para localizar cualquier elemento

1. Asigna un lugar para cada cosa y señaliza de manera visible y clara.
2. Coloca cada elemento en el lugar asignado, y cada que lo utilices ¡¡¡devuélvelo a su lugar!!!



CREA UN AMBIENTE DE TRABAJO AGRADABLE Y EFICIENTE

RECUERDA QUE EL CAMBIO  
LO HACES TÚ



## BIBLIOGRAFÍA

Basu, R. (2009). *Implementing Six Sigma and Lean: a practical guide to tools and techniques*. Oxford: Elsevier.

Beal, D., & Paulson, J. (2007). Principios de manufactura esbelta. *Metaforming*.

*Kaizen institute*. (2014). Obtenido de <http://www.kaizen.com/knowledge-center/smed.html>

*Lean Manufacturing en español*. (1 de Septiembre de 2008). Obtenido de Lean-esp: <http://lean-esp.blogspot.mx/2008/09/qu-es-lean-manufacturing.html>

Lowenthal, J. (2002). *Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma*. Madrid: Fundación Confemetal.

Pineda Mandujano, K. (2004 de Febrero de 2004). *Gestiopolis*. Obtenido de <http://www.gestiopolis.com/manufactura-esbelta-manual-y-herramientas-de-aplicacion/>

Tennant, G. (2002). *Six Sigma: control estadístico del proceso y administración total de la calidad en manufacturera y servicio*. México: Panorama.