



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

**IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA EN UNA EMPRESA DE
TRANSFORMACIÓN DE RESINAS PLÁSTICAS, POR LOS PROCESOS DE
INYECCIÓN, EXTRUSIÓN – SOPLO Y EXTRUSIÓN**

Francisco José González Mazariegos

Asesorado por el Ing. Edgar Enrique Mazariegos Valdés

Guatemala, octubre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA EN UNA EMPRESA DE
TRANSFORMACIÓN DE RESINAS PLÁSTICAS, POR LOS PROCESOS DE
INYECCIÓN, EXTRUSIÓN – SOPLO Y EXTRUSIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

FRANCISCO JOSÉ GONZÁLEZ MAZARIEGOS

ASESORADO POR EL ING. EDGAR ENRIQUE MAZARIEGOS VALDÉS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Walter Leonel Ávila Echeverría
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Ardón
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA EN UNA EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN DE RESINAS PLÁSTICAS, POR LOS PROCESOS DE INYECCIÓN, EXTRUSIÓN – SOPLO Y EXTRUSIÓN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 1 de febrero de 2008.



Francisco José González Mazariegos

Guatemala, 27 de enero de 2009

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC

Ingeniero Gómez:

Atentamente me dirijo a usted para someter a su consideración el Trabajo de Graduación del estudiante: FRANCISCO JOSÉ GONZÁLEZ MAZARIEGOS, previo a obtener el título de Ingeniero Industrial.

El trabajo en referencia se titula: **IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA EN UNA EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN DE RESINAS PLÁSTICAS POR LOS PROCESOS DE INYECCIÓN, EXTRUSIÓN – SOPLO Y EXTRUSIÓN**, el cual he asesorado y revisado; considerando que llena satisfactoriamente los requisitos, recomiendo su aprobación.

Agradeciendo su atención a la presente y sin otro particular, me suscribo,



Edgar Enrique Mazariegos Valdés

Ingeniero Industrial
ASESOR

E. Enrique Mazariegos V.
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado 2516


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA EN UNA EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN DE RESINAS PLÁSTICAS POR LOS PROCESOS DE INYECCIÓN, EXTRUSIÓN -SOPLO Y EXTRUSIÓN, presentado por el estudiante universitario Francisco José González Mazariegos, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ivarani Homero Pérez González
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, Febrero de 2010.

/agrm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.181.012

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA EN UNA EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN DE RESINAS PLÁSTICAS POR LOS PROCESOS DE INYECCIÓN, EXTRUSIÓN – SOPLO Y EXTRUSIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Francisco José González Mazariegos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2012.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.473.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA EN UNA EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN DE RESINAS PLÁSTICAS, POR LOS PROCESOS DE INYECCIÓN, EXTRUSIÓN –SOPLO Y EXTRUSIÓN**, presentado por el estudiante universitario: **Francisco José González Mazariegos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, octubre de 2012

/cc

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por haberme dado el privilegio de llevar a cabo esta meta.
- Mi madre** Maria del Carmen Mazariegos, por la sólida educación y amor que me dio, los cuales han sido la guía que me ha llevado a ser lo que soy.
- Mi padre** Rudiberto González, por el apoyo incondicional que me ha dado en los momentos de mayor necesidad, sin el cual no hubiera podido alcanzar esta meta.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por haberme impartido el conocimiento.
- Todos mis familiares y amigos** Que me han apoyado y han estado allí para darme ánimos; no menciono nombres porque son muchos, pero ellos saben quiénes son.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Información general de Inyectores de Plástico, S.A.....	1
1.1.1. Breve historia.....	1
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Política de calidad.....	2
1.1.4. Estructura	2
1.1.5. Clientes y mercados	3
1.1.6. Procesos	5
1.1.6.1. Inyección.....	5
1.1.6.2. Extrusión.....	5
1.1.6.3. Extrusión-soplo	5
1.2. Sistema Seis Sigma.....	6
1.2.1. Historia	6
1.2.2. Definición	7
1.2.3. Beneficios	9
1.2.4. Infraestructura.....	11
1.2.5. Metodología	13

2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	19
2.1.	Análisis de la situación actual.....	19
2.1.1.	FODA	20
2.1.2.	Diagrama de flujo	22
2.1.3.	Diagrama IPO (Entrada – Proceso – Salida).....	23
2.1.4.	Análisis de modo y efecto de falla (AMEF).....	24
2.2.	Necesidad de mejora continua	25
2.2.1.	Diagrama de causa-efecto	25
2.2.2.	Diagrama de Pareto	26
2.3.	Análisis de la información	27
3.	MODELO A IMPLANTAR	29
3.1.	Modelo de Seis Sigma en Inyectores de Plástico, S.A.	29
3.1.1.	Estructura organizacional.....	31
3.1.2.	Planeación directiva.	33
3.1.3.	Talleres de mejora Seis Sigma.....	37
3.1.4.	Evaluación y profundización del cambio.....	38
3.2.	Procesos y solución de problemas	41
3.2.1.	Definición de procesos Seis Sigma.	41
3.2.2.	Uso de métodos estadísticos para la solución de problemas.....	43
3.2.3.	Diseño de experimentos.....	44
3.2.4.	Mejora continua y optimización de procesos.....	46
3.3.	ISO 9 000 : 2008.....	48
4.	IMPLANTACIÓN.....	49
4.1.	Proyectos de mejora continua	49
4.1.1.	Definir el problema	49
4.1.2.	Medir la situación actual del problema	50

4.1.3.	Analizar las causas raíz	52
4.1.4.	Mejorar las VCC (Variables críticas de calidad).....	54
4.1.5.	Controlar para mantener la mejora	56
4.2.	Diseño para Seis Sigma.....	58
4.2.1.	Definir	58
4.2.2.	Medir	59
4.2.3.	Analizar.....	59
4.2.4.	Diseñar	61
4.2.5.	Verificar	61
4.3.	Cronograma de actividades	61
4.4.	Presupuesto.....	62
4.5.	Plan de acción y recursos para implementación de Seis Sigma en IPSA.....	63
5.	SEGUIMIENTO.....	65
5.1.	Control de la implementación.....	65
5.1.1.	Auditorías.....	66
5.1.2.	Evaluación de resultados de las auditorías	67
5.2.	Análisis del cumplimiento de los objetivos	68
5.2.1.	Cronología y comportamiento del proceso	68
5.2.2.	Diferencia entre el desempeño actual y los objetivos	69
5.2.3.	Factores que afectan la eficiencia del proceso	69
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES.....	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	75
	ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura del Grupo Industrial EEC	2
2.	Línea de envases de policarbonato	6
3.	Niveles Sigma representados en la curva normal.....	8
4.	Infraestructura Seis Sigma.....	11
5.	Uso de DMAMC en un proyecto Seis Sigma	16
6.	FODA.....	20
7.	Diagrama de flujo macro de IPSA.....	22
8.	Diagrama de IPO de IPSA ³	23
9.	Diagrama causa - efecto.....	25
10.	Pareto de oportunidades de mejora en IPSA.....	26
11.	Estructura organizacional	31
12.	Función de despliegue de la calidad para envases de polietileno	42
13.	Pareto de quejas de cliente	43
14.	Capacidad de proceso de galón Tampico.....	50
15.	Gráfico de control por variables de galón Tampico.....	51
16.	Proceso de Extrusión - Soplo	52
17.	Boquilla y núcleo.....	53
18.	Ovalización de núcleo.....	54
19.	Capacidad del proceso, producto mejorado	56
20.	Gráfico de control, producto mejorado.....	57
21.	Molde de aluminio.....	60
22.	Molde de policarbonato.....	60
23.	Ejemplo de cronograma de proyectos Seis Sigma	62

24.	Cronograma de actividades de proyecto de reducción de peso de galón Tampico.....	62
25.	Cronograma de capacitación Seis Sigma.....	64

TABLAS

I.	Líneas de productos de IPSA.....	3
II.	Análisis AMEF de IPSA.....	24
III.	Roles de un colaborador, antes y después de la implementación de Seis Sigma	29
IV.	Resultados del ANOVA de peso frente a <i>Top Load</i> utilizando Minitab 14.....	45
V.	Responsabilidades KAIZEN	47
VI.	Resultados del ANOVA de peso frente a <i>Top Load</i> utilizando Minitab 14.....	55
VII.	Presupuesto de proyecto de reducción de peso de galón Tampico.....	63
VIII.	Presupuesto de capacitación Seis Sigma	64

GLOSARIO

AMEF	Análisis de modo y efecto de falla.
American Society for Quality	Sociedad Americana de Calidad. Organización encargada de promover la calidad.
Análisis de varianza	Método estadístico utilizado para demostrar si el cambio de una variable afecta a una variable dependiente.
ANOVA	Analysis of variance (Análisis de varianza).
<i>Best – in – class</i>	Mejor de su categoría.
Boquilla	Herramienta de la máquina que le da forma al párison.
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura.
Capacidad	Se refiere al indicador de proceso que dice qué tan capaz es de cumplir con las especificaciones basado a su variación.
CEO	Chief Executive Officer (Gerente general).

Corridas	Lote de producción fabricado bajo las mismas condiciones y de forma continua, usualmente se refiere a la producción de un turno de 12 horas de producción.
Dado	Herramienta utilizada para formar productos extruidos.
Diseño de experimentos	Metodología estadística destinada a la planificación y análisis de un experimento.
DMADC	Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Controlar.
DMAMC	Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.
EE	Energía Eléctrica.
EEC	Empaques, Embalajes y Complementos.
Embalaje	Contenedor que se utiliza para almacenar envases.
Envase	Contenedor utilizado para almacenar alimentos.
Experimento	Creación y preparación de lotes de prueba que verifiquen la validez de la hipótesis establecida sobre las causas de un determinado problema o efecto.

FDA	Food and Drugs Administration (Administración de alimentos y drogas).
FODA	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.
Función de despliegue de calidad	Procedimiento mediante el cual se definen características técnicas del producto a partir de los requerimientos del cliente.
GIEEC	Grupo Industrial EEC.
Habilidad	Se refiere al indicador de proceso que dice que tan capaz es de cumplir con las especificaciones con base en su cercanía con el objetivo.
HDPE	Polietileno de alta densidad.
Herramental	Conjunto de boquilla, núcleo y molde en una máquina.
IPSA	Inyectores de Plástico, S.A.
ISO	Organización Internacional de Estándares.
LDPE	Polietileno de baja densidad.
LLDPE	Polietileno lineal de baja densidad.

Melt index	Índice de fluidez de la resina. Útil para ajustar parámetros del proceso.
Molde	Herramienta utilizada para formar productos inyectados o soplados.
MRP	Material Resource Planning (planificación de recursos materiales).
No conformidad	Incumplimiento a un procedimiento o a una norma.
Norma	Referencia a la Norma ISO 9 000 : 2008.
Núcleo	Herramental de la máquina que le da forma al párison.
Párison	Forma extruida, que parece una manga, que posteriormente tomará la forma de un envase al ser soplada.
Procedimiento	Procedimientos internos de la empresa con enfoque ISO 9 000 : 2008.
PC	Policarbonato.
PP	Polipropileno.
Peso	Unidad de referencia que sirve para determinar la cantidad de resina que tiene un producto.

QFD	Quality Function Deployment (función de despliegue de la calidad).
Resina	Materia prima. Se refiere a los polímeros como HDPE, PP, LDPE, etcétera.
ROI	Return Over Investment (Retorno sobre la inversión).
SPC	Statistical Process Control (Control estadístico de procesos).
Stock	Existencia en inventario.
<i>Top Load</i>	Carga vertical. Característica de un envase de soportar carga en la parte superior.

RESUMEN

Inyectores de Plástico, S.A. es una empresa dedicada a la transformación de resinas plásticas a través de los métodos de inyección, extrusión-soplo y extrusión, forma parte del Grupo Industrial EEC.

Seis Sigma es una metodología que estandariza e institucionaliza la generación de proyectos de mejora continua y de desarrollo, de una forma medible y cuantificable, haciendo uso de herramientas estadísticas y de calidad que han sido utilizadas en la industria por mucho tiempo.

En el presente trabajo se analiza el estado actual de la empresa Inyectores de Plástico, S.A., con el objetivo de implementar la metodología Seis Sigma. Se determinan cuáles son las áreas de oportunidad más grandes y se enfoca el desarrollo del trabajo en las mismas. Se ejemplifica la metodología a través de un proyecto de mejora real, en el cual se siguieron todos los pasos de la metodología Seis Sigma y se define qué es lo que se necesita para implementar Seis Sigma en Inyectores de Plástico, S.A., así como un plan de acción.

Finalmente, se indica cómo se puede integrar Seis Sigma al sistema de gestión de calidad ISO 9 000:2008, que ya está implementado en la empresa, utilizándolo como un aliado en la fase de control de los proyectos.

OBJETIVOS

General

Implementar la metodología Seis Sigma en una empresa dedicada a la transformación de resinas plásticas, por los procesos de inyección, extrusión – soplo y extrusión.

Específicos

1. Presentar una reseña de la empresa Inyectores de Plástico, S.A. y de la metodología Seis Sigma.
2. Describir la situación actual de la empresa con relación a la productividad.
3. Determinar la necesidad de la implementación de Seis Sigma, a través del diagnóstico de la situación actual.
4. Definir la forma en que se va a implementar Seis Sigma en Inyectores de Plástico, S.A.
5. Definir los recursos humanos y monetarios para la implementación de Seis Sigma.

6. Establecer un plan de acción para la implementación de Seis Sigma.
7. Elaborar un plan de seguimiento y evaluación del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Por la globalización se han abierto nuevas oportunidades para la industria guatemalteca, pero junto con estas oportunidades también vienen nuevos retos. Uno de los principales retos es cumplir y exceder los requisitos de calidad que son requeridos para competir en los nuevos mercados. Una de las metodologías empleadas por las empresas de los países desarrollados para lograr la excelencia en la calidad de sus productos es Seis Sigma, esta metodología proporciona la estructura tanto institucional, como del recurso humano para generar e implementar proyectos de mejora, basados en datos objetivos y con resultados medibles.

En el presente trabajo de graduación se pretende implementar Seis Sigma en una industria dedicada a la transformación de resinas plásticas.

Inyectores de Plástico es una empresa dedicada a la transformación de resinas plásticas, por los procesos de inyección, extrusión-soplo y extrusión. Entre sus productos líderes se encuentran: garrafones de policarbonato, cajillas para botellas, cajas ordenadoras, envases de polietileno, entre otros.

Seis Sigma es “una estrategia de mejora continua del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, enfocándose hacia aquellos aspectos que son críticos para el cliente” ¹. Las áreas prioritarias de acción son: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. La meta principal

¹ GUTIERREZ, Humberto, *e tal*. *Control estadístico de calidad y Seis Sigma*. p 18

de Seis Sigma es que la organización trabaje con calidad Seis Sigma, es decir, 3,4 defectos por millón de oportunidades.

1. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

1.1. Información general de Inyectores de Plástico, S.A.

IPSA es una empresa guatemalteca, dedicada a la transformación de resinas plásticas para la fabricación de envases, embalajes y otros productos para contribuir a satisfacer las demandas del mercado industrial. A continuación se darán a conocer los aspectos más importantes de la empresa en lo referente a su historia, organización, clientes y mercados.

1.1.1. Breve historia

IPSA fue fundada en 1974 y se inició con una planta dedicada a la fabricación de cajillas industriales, tapas, cubetas, entre otros productos, los cuales continúa produciendo hasta ahora con demanda de los mismos en toda Centroamérica.

En 1990, incursionó en el mercado de los envases para jugos y refrescos, montando una planta dedicada a la producción de envases de polietileno y policarbonato, por el proceso de extrusión-soplo.

En 1995, se forma la empresa hermana Reciclados de Centroamérica, S.A., de la cual IPSA es socio fundador.

Actualmente, la empresa opera en el complejo industrial GIEEC y fabrica productos a través de los procesos de moldeo por inyección, extrusión y extrusión-soplo.

1.1.2. Misión

“Ser un grupo de empresas en la búsqueda continua por la excelencia en el negocio de empaques, embalajes y complementos que utilice alta tecnología, un sistema de gestión de la calidad eficaz y recurso humano competente para obtener la satisfacción de nuestros clientes, accionistas y empleados”.

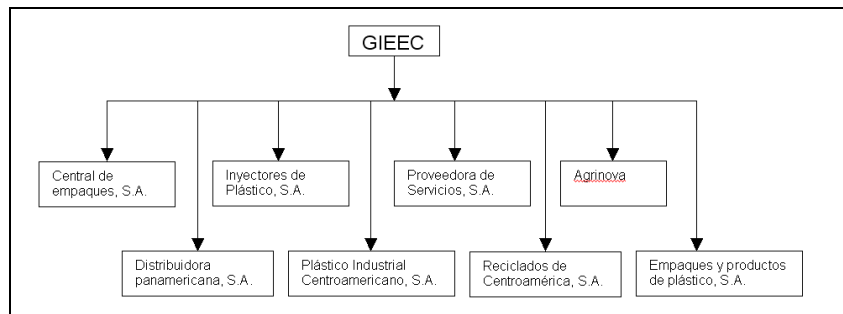
1.1.3. Política de calidad

“Debemos buscar continuamente la excelencia en el negocio de empaques utilizando un sistema de gestión de calidad eficaz y recurso humano competente, para obtener la satisfacción de nuestros clientes internos y externos, cumpliendo los compromisos acordados y respetando el marco legal”.

1.1.4. Estructura

IPSA es miembro del Grupo Industrial EEC, el cual está compuesto como se ilustra en la figura 1.

Figura 1. Estructura del Grupo Industrial EEC





Fuente: <www.grupointustrialeec.com>. [Consulta: en agosto de 2010].




1.1.5. Clientes y mercados

IPSA se enfoca principalmente en el mercado industrial a través de sus líneas de productos, descritas a continuación:

Tabla I. Líneas de productos de IPSA

Nombre del producto	Descripción del producto	Foto del producto
Agrícola	Piezas fabricadas con HDPE. Cajas agrícolas y diferentes accesorios para la agricultura.	Caja agrícola 
Cajas de transporte y ordenadoras	Fabricadas con HDPE o PP. Ampliamente utilizadas para transportar productos en la industria de alimentos y para organizar almacenes.	
Cajillas	Fabricadas con HDPE. Utilizadas en la industria de bebidas para el almacenaje y transporte de sus productos.	Cajilla 
Cubetas	Fabricadas con HDPE. Utilizadas en la industria para almacenar productos químicos y pinturas.	
Dispensadores para agua	Fabricados con PC aprobado FDA. Utilizados para servir agua pura.	

Continuación de la tabla I.

<p>Envases de policarbonato</p>	<p>Utilizados en la industria de la purificación de agua para envasar el agua.</p>	<p>Envases de PC</p> 
<p>Envases de polietileno</p>	<p>Fabricados con HDPE aprobado FDA. Son utilizados en la industria de bebidas para envasar jugos y lácteos.</p>	<p>Envases de PE y tapas</p> 
<p>Envases industriales</p>	<p>Fabricados con HDPE. Para uso en la industria en general.</p>	
<p>Pajillas y palillos industriales</p>	<p>Fabricados con PP aprobado FDA. Utilizados en la industria de comidas y bebidas.</p>	
<p>Tapas plásticas</p>	<p>Fabricadas con PP, HDPE, LDPE, LLDPE y otros. Utilizadas en conjunto con los envases fabricados por IPSA.</p>	<p>Tapas</p> 

Fuente: elaboración propia.

1.1.6. Procesos

La transformación de resinas se realiza en IPSA a través de tres procesos: inyección, extrusión y extrusión-soplo, los cuales se describirán a continuación.

1.1.6.1. Inyección

A través del proceso de inyección son producidas las cajillas, cajas agrícolas, tapas, entre otros productos. Se caracteriza por inyectar material fundido y aplicar presión para que adquiera la forma del molde.

1.1.6.2. Extrusión

El proceso de extrusión consiste en hacer pasar material fundido a través de un dado, para moldear o dar forma al producto, en este proceso se crean las pajillas y los palillos.

1.1.6.3. Extrusión soplo

Mediante este proceso se fabrican los envases de HDPE y PC. Consiste en extruir un párison, el cual es atrapado por el molde. Posteriormente, se sopla para que el párison adquiera la forma del molde.

Figura 2. **Línea de envases de policarbonato**



Fuente: <www.ipsa.com.gt>. [Consulta: en agosto de 2010].

1.2. Sistema Seis Sigma

Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente.

1.2.1. Historia

Cuando una empresa japonesa adquirió una fábrica de Motorola que producía televisores Quasar en Estados Unidos en los años 70, rápidamente observaron que era necesario hacer cambios en la forma en que la fábrica operaba. Bajo la administración japonesa, la fábrica empezó a producir televisores con un 5% de defectos utilizando la misma mano de obra, tecnología y diseños, reduciendo el costo al mismo tiempo. Ahí se dieron cuenta que el problema estaba en la administración de Motorola.

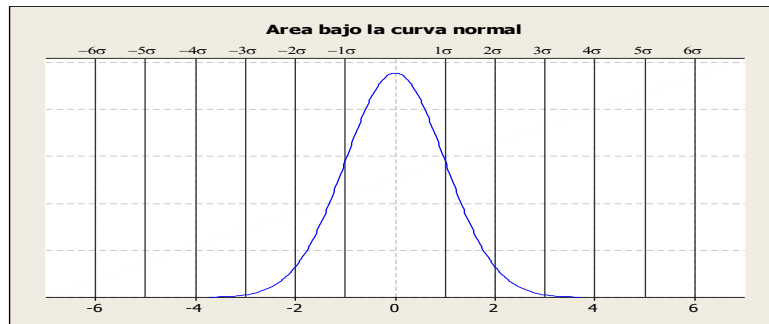
Se llevó hasta mediados de los 80 antes de que Motorola se diera cuenta de qué hacer al respecto. Bob Galvin, el CEO de Motorola en ese tiempo, empezó con un programa, llamado Seis Sigma, con el cual, Motorola se convirtió en un líder de calidad y precio. Seis Sigma se hizo público cuando Motorola ganó el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige en 1988. A pesar de que Motorola ha estado luchando en los últimos años, empresas como General Electric y AlliedSignal han tomado la bandera de Seis Sigma obteniendo resultados sorprendentes.

1.2.2. Definición

Seis Sigma es una implementación rigurosa, enfocada y altamente efectiva de principios y técnicas de calidad probados. Al incorporar elementos del trabajo de muchos pioneros de la calidad, Seis Sigma apunta a una operación virtualmente libre de errores en las organizaciones.

Sigma (σ) letra del alfabeto griego, es usada por los estadísticos para representar la variabilidad. El desempeño de una empresa está medido por el nivel sigma de sus procesos. Tradicionalmente, las empresas aceptan un nivel Sigma de 3 ó 4, lo que implica una cantidad de problemas que puede variar entre 6 200 y 67 000 por millón de oportunidades. En una empresa que trabaja a un nivel Seis Sigmas, el estándar es de 3 ó 4 problemas por millón de oportunidades. Esto es en respuesta a la creciente demanda de calidad que existe en los mercados, debido a la complejidad que los procesos y productos adquieren.

Figura 3. Niveles Sigma representados en la curva normal



Fuente: elaboración propia.

La probabilidad de la ocurrencia de un evento dentro de los niveles Sigma se lista a continuación:

- $2\sigma \rightarrow 95,45\%$
- $3\sigma \rightarrow 99,73\%$
- $4\sigma \rightarrow 99,9937\%$
- $5\sigma \rightarrow 99,999943\%$
- $6\sigma \rightarrow 99,9999998\%$

Los métodos son aplicados en un modelo conocido como definir-medir-analizar-mejorar-controlar (DMAMC) y se describe así:

- Definir las metas de la actividad de mejora
- Medir el sistema existente

- Analizar el sistema para eliminar la brecha entre el nivel de desempeño actual del sistema y los objetivos deseados.
- Mejorar el sistema
- Controlar el nuevo sistema

Sería un error pensar en Seis Sigma viendo la calidad desde el punto de vista tradicional. Generalmente, se define la calidad como el cumplimiento de requerimientos internos. Seis Sigma se trata de hacer más dinero mejorando el valor agregado y la eficiencia. Para hacer un enlace entre este objetivo de Seis Sigma y la calidad, es necesario definir calidad. Para propósitos de Seis Sigma, calidad es el “valor agregado por un esfuerzo productivo”².

1.2.3. Beneficios

La calidad se puede ver de dos formas: calidad potencial y calidad real. La potencial es la máxima cantidad de valor que se puede dar a un producto dado un insumo. La calidad real es la cantidad actual de valor que se le da al producto dado un insumo.

La diferencia entre calidad potencial y real es desperdicio. Seis Sigma se enfoca en mejorar la calidad, ayudando a las empresas a producir mejor, más rápido y más barato. Hay una correspondencia directa entre niveles de calidad y niveles Sigma de desempeño. La empresa tradicional trabaja a Cuatro Sigma, produciendo aproximadamente 6 210 defectos por millón de oportunidades. Una empresa que trabaja a Seis Sigma produce tres defectos por millón de oportunidades.

² PYZDEK, Thomas. The Six Sigma Handbook. p. 345.

Seis Sigma se enfoca en: requerimientos del cliente, prevención de defectos, reducción del tiempo de ciclo y ahorros en el costo. Por eso, los beneficios de Seis Sigma van directo al piso de la organización.

A diferencia de la reducción del costo tradicional que reduce valor y calidad, Seis Sigma reduce los costos que no generan valor, es decir, desperdicio. Para las compañías que no trabajan con Seis Sigma, usualmente estos costos son extremadamente altos. En las compañías que operan con un nivel de tres o cuatro Sigma, los costos de resolver problemas varían de un 25% a un 40% de las utilidades. Esto es conocido como el costo de calidad, o como el costo de calidad pobre. En las compañías Seis Sigma, estos costos son menores al 5% de sus utilidades.

El enfoque viene de dos perspectivas: abajo, desde las metas de alto nivel desde los problemas y las oportunidades. Las oportunidades se relacionan con las metas en los proyectos Seis Sigma. Los proyectos Seis Sigma hacen el vínculo entre las actividades de la empresa y las metas. Los costos y beneficios de los proyectos Seis Sigma son monitoreados y rastreados mediante datos y analizados desde varias perspectivas. Los ejecutivos pueden saber en cualquier momento cuánto están obteniendo por su inversión.

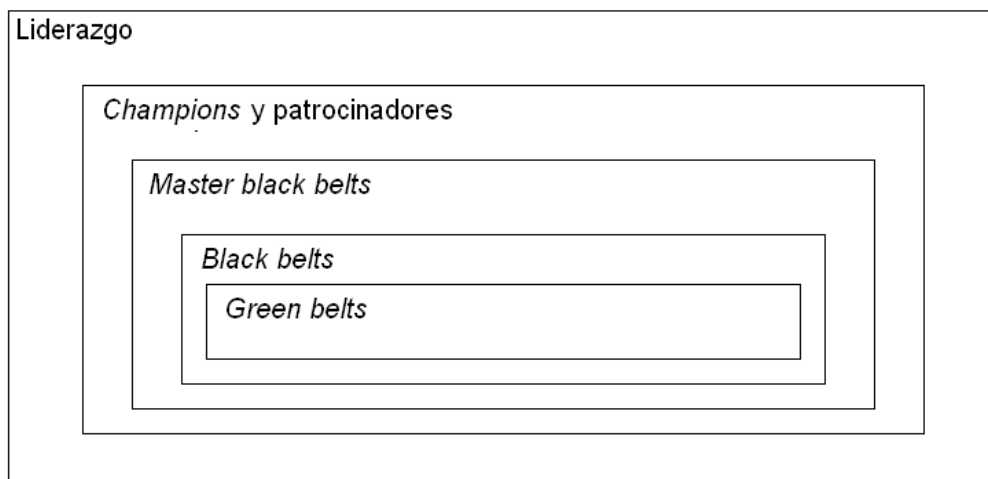
Seis Sigma también tiene un beneficio indirecto en la empresa, uno que rara vez es medido: un cambio en la forma en que se hacen las cosas día a día. Cuando las personas ven que Seis Sigma obtiene resultados dramáticos, cambian la forma en que hacen su trabajo.

1.2.4. Infraestructura

Una poderosa característica de Seis Sigma es la creación de una estructura que asegure los recursos necesarios para las actividades de mejora en una empresa. Una de las razones por las cuales un 80% de los proyectos de administración total de la calidad han fallado en el pasado, es la carencia de recursos. Seis Sigma proporciona una infraestructura estandarizada que garantiza la existencia de estos recursos.

Seis Sigma hace que la mejora y el cambio sean el trabajo de tiempo completo de un pequeño, pero crítico, grupo de la empresa. Estos agentes de cambio son los catalizadores que institucionalizan el cambio.

Figura 4. **Infraestructura Seis Sigma**



Fuente: elaboración propia.

- Liderazgo

Provee de los medios por los cuales los objetivos estratégicos de la organización van a ser alcanzados. Este esfuerzo no puede ser liderado por otro que no sea el CEO, quien es responsable del desempeño de la organización como un todo.

- *Champions* y patrocinadores

Son individuos de alto nivel que entienden Seis Sigma y están comprometidos con su éxito. En organizaciones grandes, Seis Sigma sería liderado por un *Champion* de tiempo completo, quien podría ser el vicepresidente ejecutivo. Un *Champion* también puede ser alguien que incluye Seis Sigma en su trabajo de día a día y comunica el mensaje Seis Sigma en cada oportunidad. Los patrocinadores son dueños de procesos y sistemas que ayudan a iniciar y coordinar actividades de mejora Seis Sigma en su área de responsabilidad.

- *Black Belt*

Los candidatos a *Black Belt* son personas técnicamente orientadas que están en alta estima por sus compañeros. Ellos deberían estar activamente involucrados en el proceso de cambio y desarrollo organizacional.

- *Green Belt*

Los *Green Belt* son líderes de proyectos Seis Sigma capaces de formar y facilitar equipos de trabajo Seis Sigma y administrar proyectos Seis Sigma desde el concepto hasta su finalización.

- *Master Black Belt*

Este es el más alto nivel de habilidad técnica y organizacional. Los *Master Black Belt* proveen liderazgo técnico al programa de Seis Sigma. Por eso deben saber todo lo que sabe un *Black Belt*, además de poseer otras habilidades vitales para el éxito del programa Seis Sigma.

Las habilidades adicionales pueden ser: conocimiento profundo de la teoría matemática en la que los métodos están basados, un don para administración de proyectos, habilidades de entrenador o de enseñanza, entre otras. Los *Master Black Belts* deben ser capaces de asistir a los *Black Belts* en la aplicación de los métodos estadísticos, especialmente situaciones inusuales. Dadas las actividades de los *Master Black Belts*, todos deben poseer excelentes habilidades de comunicación y enseñanza.

1.2.5. Metodología

En su mayoría, son herramientas que se han utilizado en la profesión de la calidad, por décadas. Pero Seis Sigma pone algunas diferencias a estas herramientas:

- Son enseñadas dentro del contexto del modelo DMAMC.
- Son aplicadas al mismo tiempo en un proyecto real para entregar resultados a un determinado grupo de interés.
- Lo anterior es integrado mediante capacitación intensiva que es provista a agentes de cambio de tiempo completo que trabajan en proyectos mientras son preparados.

Las herramientas Seis Sigma son aplicadas siguiendo el modelo DMAMC que se describe a continuación:

Definir

Se deben definir las metas de la actividad de mejora. Las metas más importantes son obtenidas de los clientes. En los niveles más altos, las metas van a ser los objetivos estratégicos de la organización. Al nivel de operaciones, una meta puede ser incrementar la productividad del departamento de producción. A nivel de proyecto puede ser reducir el nivel de defectos y aumentar la productividad de determinado proceso.

Medir

El sistema actual, establecer métricas adecuadas para medir el desempeño actual y los avances hacia la meta propuesta en el paso anterior.

Analizar

El sistema para identificar formas de eliminar la brecha entre el desempeño actual del sistema y la meta. Empezar determinando la situación actual. Usar análisis de datos exploratorio y descriptivo que ayude a entender los datos. Usar herramientas estadísticas para guiar el análisis.

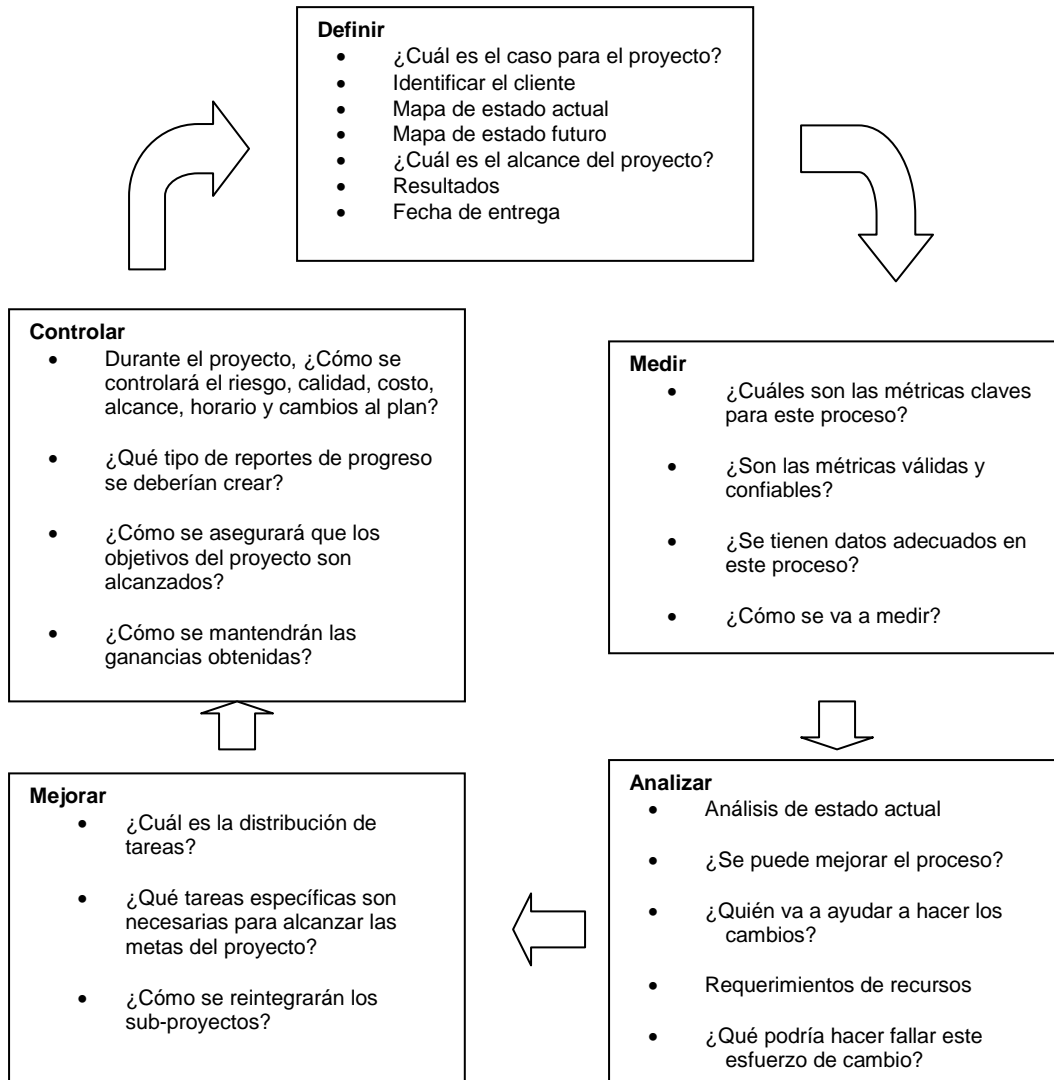
Mejorar o implementar

Ser creativo en encontrar nuevas formas de hacer las cosas mejor, más baratas o más rápidas. Usar administración de proyectos y otras herramientas de implantación y administración para aplicar el nuevo método. Usar métodos estadísticos para validar la mejora.

Controlar

Institucionalizar el nuevo sistema modificando los sistemas de compensación e incentivos, políticas, procedimientos, MRP, presupuestos, instrucciones operativas y otros sistemas administrativos. Es deseable utilizar sistemas de estandarización como ISO 9000 para asegurarse que la documentación está correcta. Usar herramientas estadísticas para supervisar la estabilidad de los nuevos sistemas.

Figura 5. **Uso de DMAMC en un proyecto Seis Sigma**



Fuente: elaboración propia.

Las herramientas más utilizadas en las diferentes fases de la metodología son las que se listan a continuación:

Definir

- Diagrama de proyectos
- Herramientas de voz del cliente
- Mapa de procesos
- Función de despliegue de la calidad
- *Benchmarking*

Medir

- Análisis de medición de sistemas
- Análisis exploratorio de datos
- Estadística descriptiva
- Minería de datos
- Gráficas de control
- Diagrama de Pareto

Analizar

- Diagramas causa-efecto
- Diagrama de árbol
- Lluvia de ideas
- Control estadístico de procesos
- Diagrama de procesos
- Diseño de experimentos
- Estadística enumerativa
- Estadística inferencial
- Análisis de modo y efecto de falla

Mejorar

- Diagrama de campo de fuerza
- Herramientas 7M
- Herramientas de planeación y administración de proyectos
- Estudios prototipo y piloto

Controlar

- Control estadístico de procesos
- Análisis de modo y efecto de falla
- ISO 9000:2008, cambio de presupuestos
- Sistema de reportes

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Análisis de la situación actual

Para determinar cuál es la mejor forma de implantar Seis Sigma en la empresa, primero se debe conocer la situación actual, la cual se describirá en el presente capítulo.

2.1.1. FODA

Es la sigla usada para referirse a una herramienta analítica que permite trabajar con toda la información que se posee sobre un negocio, útil para examinar Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

Este tipo de análisis representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares de un negocio y el entorno en el cual este compete. A continuación se presenta un esquema:

Figura 6. FODA

	FODA	DEBILIDADES			FORTALEZAS									
		D1	D2	D3	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
AMENAZAS	A1					E7								
	A2		E7	E7				E5	E5	E5		E5		E5
	A3	E6									E6			
	A4													
OPORTUNIDADES	O1	E6			E1			E2			E1			
	O2	E6												
	O3	E6												
	O4		E3				E4						E3	

Oportunidades

- O1 Surgimiento de nuevos mercados a nivel nacional como internacional.
- O2 Existencia de tratados de libre comercio.
- O3 Nuevos procesos y mejores procesos disponibles.
- O4 Nueva tecnología disponible

Amenazas

- A1 Incremento constante en el costo de la materia prima y energía.
- A2 Entrada de nuevos competidores en el mercado.
- A3 Demanda afectada por los gustos del consumidor final.
- A4 Entrada de productos sustitutos en el mercado con materiales más económicos.

Fortalezas

- F1 Empresa líder en el mercado.
- F2 Se cuenta con tecnología de punta.
- F3 Personal altamente calificado.
- F4 Tiene implementado un Sistema de Gestión de la Calidad.
- F5 Una Cultura de Calidad solidamente establecida desde la alta dirección.
- F6 Estándar elevado de calidad en la elaboración de los productos.

Continuación de la Figura 6.

- F7 Diversificación de los productos.
- F8 Personal comprometido con la calidad.
- F9 Miembro de la corporación Cervecería Centroamericana.
- F10 Programa permanente de capacitación y concientización en temas de calidad llamado “Óptima”

Debilidades

- D1 Tiene líneas de productos con demanda cíclica.
- D2 Intensiva mano de obra en el empaque de los productos.
- D3 Costos altamente dependientes del precio de la materia prima y la energía.

Estrategias

- E1 Introducción en nuevos mercados a través de productos innovadores. (F1, F7, O1)
- E2 Certificaciones que abren puertas en nuevos mercados. (F4, O1)
- E3 Aprovechamiento de recursos corporativos para inversión tecnológica y mejora de procesos. (F9, O4, D2)
- E4 Reducción de costos al mejorar procesos. (F3, O4)
- E5 Estrategia de competitividad en precios y alta calidad. (F4, F5, F6, F8, F10, A2)
- E6 Diversificación del mercado. (D1, A3, O1, O2, O3)
- E7 Reducción de personal, automatizando líneas de producción. (A2, D2, D3, F2)

Fuente: elaboración propia.

Como se puede ver en la figura 6, la empresa requiere de una implementación de Seis Sigma para seguir la estrategia E5.

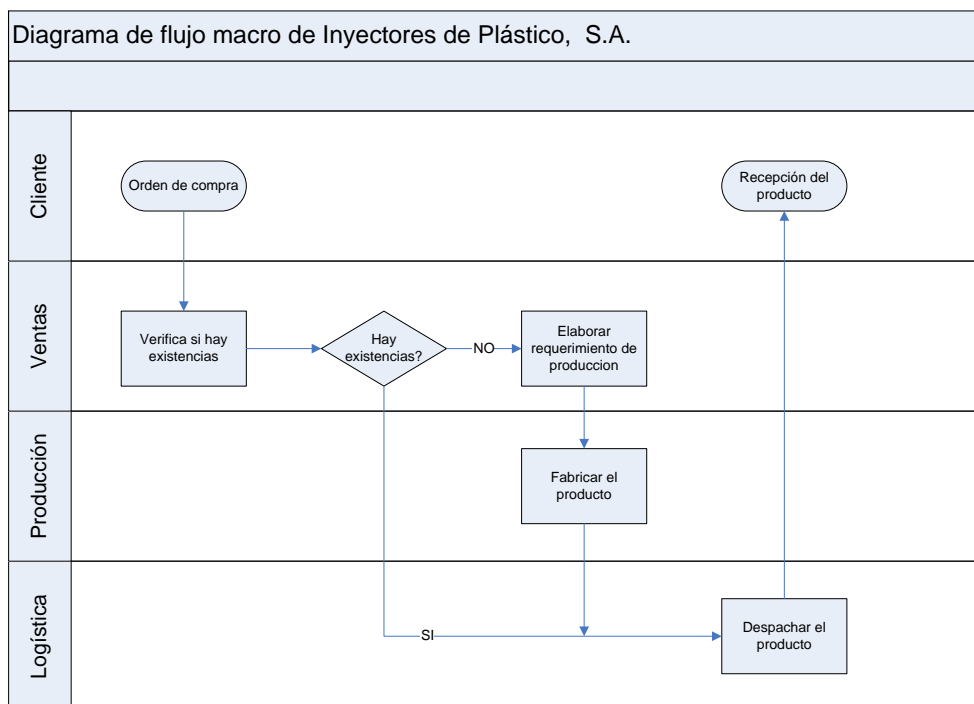
2.1.2. Diagrama de flujo

El proceso macro de la empresa se puede describir de la siguiente forma:

- El cliente hace una orden de compra al departamento de ventas.
- Ventas revisa la existencia, y si no hay, hace la solicitud a producción.
- Se despacha el producto en existencia o se produce, según sea el caso.
- El cliente recibe el producto.

Este proceso está ilustrado en la figura 7, mostrada a continuación:

Figura 7. Diagrama de flujo macro de IPSA

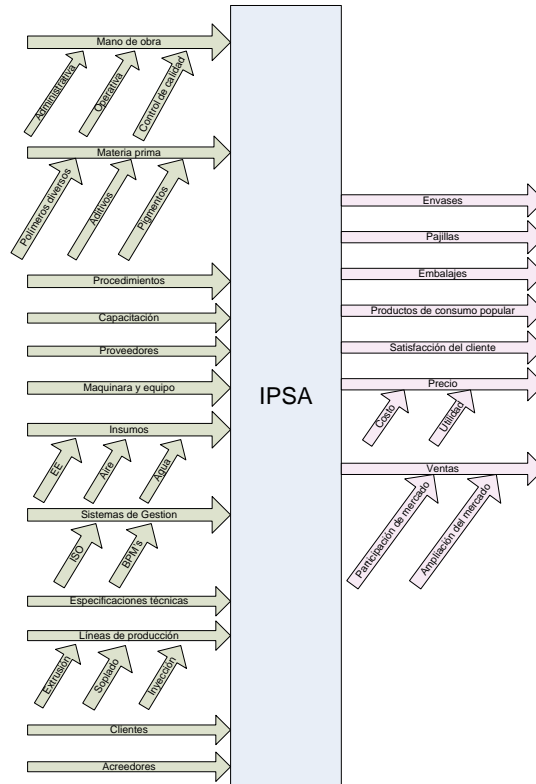


Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Diagrama IPO (Entrada-Proceso-Salida)

Con el Diagrama Entrada – Proceso – Salida se puede tener una perspectiva global de las entradas y salidas de un proceso, viendo el mismo como una caja negra. Para inyectores de plástico quedaría de la siguiente forma:

Figura 8. Diagrama de IPO de IPSA³



Fuente: elaboración propia.

³ Este diagrama ve a la empresa como a una caja negra, solamente se representan sus entradas y salidas.

2.1.4. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Mediante el análisis de modo y efecto de falla se pueden anticipar planes de acción a posibles dificultades que pueda presentar el proceso. También permite priorizar acciones ante las fallas que tienen mayor probabilidad de ocurrencia.

Tabla II. Análisis AMEF de IPSA

Dificultad	Efecto	Acción preventiva	Responsable	Probabilidad de ocurrencia
Materia prima en mal estado	Reducción de la eficiencia, producto no conforme	Pruebas de materia prima	Control de calidad	0,0001
Maquinaria en mal estado	Paro de producción	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento	0,15
Producto en mal estado	Reclamo de cliente	Pruebas a productos	Control de calidad	0,001
		Estabilidad del proceso	Producción / mantenimiento	
Escasez de materia prima	Paro de producción	Existencia de materia prima	Logística	0,00000001
Falla en moldes	Paro de producción, ineficiencia en líneas de producción	Diseño de molde adecuado	Proyectos / Centro de tecnología aplicada	0,1

Fuente: elaboración propia.

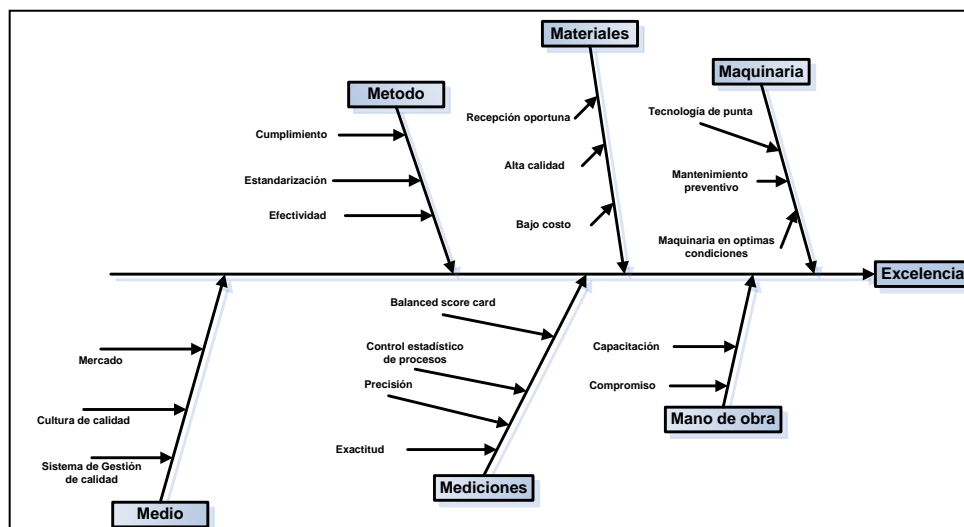
2.2. Necesidad de mejora continua

Para mantenerse, una empresa necesita mejorar continuamente, de lo contrario, pierde competitividad en un mercado cambiante. Dado que existen recursos limitados, es necesario priorizar las mejoras en aquellas áreas de oportunidad que impacten más en el desempeño de la empresa. Para tomar esa decisión son de utilidad las herramientas Diagrama de Pareto y Diagrama de causa-efecto.

2.2.1. Diagrama de causa-efecto

Como lo establece la misión, la organización está en búsqueda constante de la excelencia en el negocio. Por eso se ha seleccionado ese efecto en el diagrama global de causa-efecto de IPSA, ver figura 8.

Figura 9. Diagrama causa – efecto

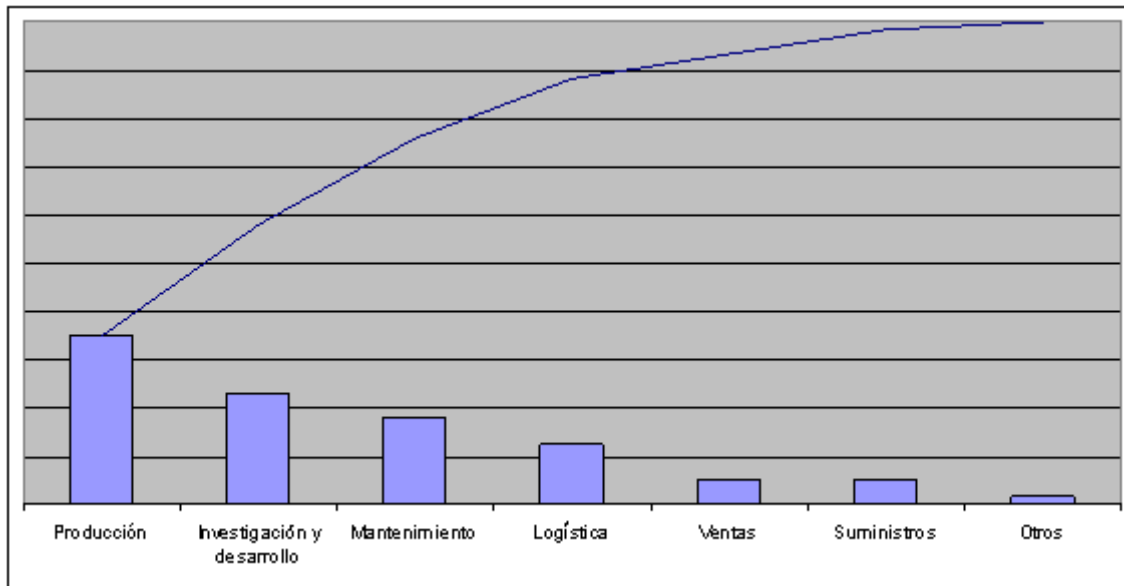


Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Diagrama de Pareto

Al implementar Seis Sigma es necesario saber a qué área de la organización darle prioridad, por lo que se hizo el análisis de Pareto de oportunidad de mejora por departamento. Estos datos fueron obtenidos con base en la evaluación cliente interno y externo de la empresa.

Figura 10. Pareto de oportunidad de mejora en IPSA



Fuente: elaboración propia.

De aquí se deduce que los departamentos con mayor oportunidad de mejora son producción, investigación y desarrollo y mantenimiento, en ese orden de importancia.

2.3. Análisis de la información

Dado que la política de la calidad de la organización claramente apunta hacia la excelencia, deja la puerta abierta para la mejora de los procesos. Seis Sigma, como se ha descrito y se verá detalladamente a continuación, llevará a la organización en el camino de la excelencia que busca, de una forma sistemática y sostenida.

En los datos analizados anteriormente se evidencia que las áreas de oportunidad más grandes para la implementación de Seis Sigma son producción e investigación y desarrollo, por lo que se enfocará el presente trabajo en esas áreas.

3. MODELO A IMPLANTAR

3.1. Modelo de Seis Sigma en Inyectores de Plástico, S.A.

Para empezar a definir el modelo, es necesario saber cuáles son las funciones del personal que se va a ver impactado por la implantación de la metodología Seis Sigma y de qué forma, lo cual está ilustrado en la tabla III.

Tabla III. Roles de un colaborador, antes y después de la implementación de Seis Sigma

Función del puesto	Enfoque actual	Enfoque en Seis Sigma
Rol	Cliente información, evidencia y reportes de otros	Proveedor información, expertaje y otros servicios
Estrategia	Control por imposición de políticas y procedimientos y por auditoría e inspección	Soporte -orientando esfuerzos a las necesidades de otros
Meta	Departamental alcanzar los objetivos del departamento	Logro de las metas de la organización
Estilo de trabajar con otros	Competitivo	Colaborador
Objeto de atención	Algunos aspectos de los resultados, como calidad del producto y resultados financieros	Las relaciones del proceso que lleva alcanzar los objetivos y el logro de todos los resultados esperados
Imagen	Regulador, inspector y policía	Educador, asistente y guía

Fuente: elaboración propia.

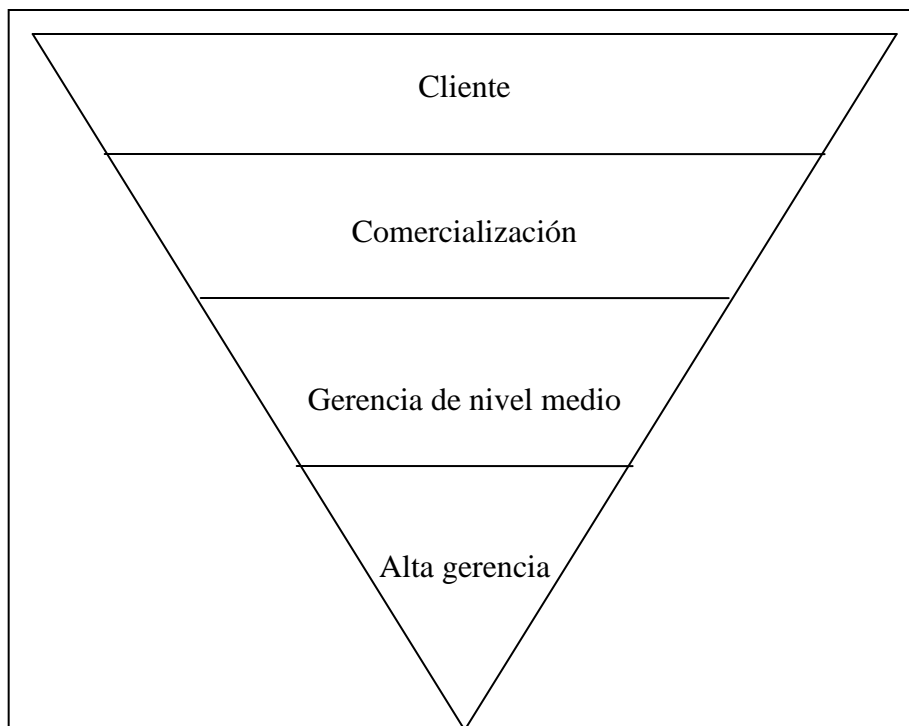
A través de dos décadas de experiencia en miles de empresas, se han documentado pasos para implementar Seis Sigma exitosamente:

- Una mejora del desempeño exitosa debe empezar por el liderazgo de alto nivel. Se debe empezar capacitando a los líderes de alto nivel en la filosofía, principios y herramientas que necesitan para preparar a la organización para el éxito.
- Se debe establecer una comunicación estrecha entre clientes, empleados y proveedores.
- Las brechas de educación deben ser rigurosamente llenadas, a través de la definición clara de los niveles educacionales requeridos en los puestos para la contratación de personal idóneo y la implementación de un programa adecuado de capacitación del personal. Todos los empleados de la organización deben cumplir con los requisitos mínimos de habilidades verbales y numéricas.
- Es desarrollado un marco de mejora continua, con un sistema de indicadores para supervisar el progreso y el éxito.
- Los procesos del negocio son escogidos por la administración y por personal con conocimiento profundo del proceso en todos los niveles de la organización.
- Los proyectos de mejora continua son conducidos por individuos y por equipos liderados por *Green Belts* o *Black Belts*.

3.1.1. Estructura organizacional

Una empresa orientada al cliente va a alcanzar los objetivos de Seis Sigma, entre los cuales destaca, agregar valor. Este es un cambio radical cuya dificultad no debe ser subestimada, como se ilustra en la figura 10.

Figura 11. Estructura organizacional



Fuente: KOTLER, P. *Marketing management*. p. 345.

Una organización orientada al cliente está definida como “Una que está enfocada con entregar una excelente calidad y productos y servicios competitivos para satisfacer las necesidades y deseos de un segmento de mercado bien definido” ⁴.

El primer paso para transformar la organización es crear una visión, para la cual deben formularse las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el propósito de la organización?
- ¿Cuáles son los valores?
- ¿Cómo luce una organización con estos valores?

Un valor, debe verse como un objetivo, como parámetro de referencia para que una persona pueda tomar una decisión.

Una organización orientada al cliente debiera tener las siguientes características:

- Jerarquías aplanadas: acercar a todos al cliente, esto implica reducir las capas burocráticas, desde la perspectiva mostrada en la figura 11.
- Comunicación: durante la transformación la tarea primaria del liderazgo es la clara, consistente y precisa transmisión de la visión a otros en la organización.

⁴ EDOSOMWAN, J.A. Customer and Market-Driven Quality Management. p. 235.

- Toma de riesgos: la impredecibilidad del mercado demanda que la organización pueda cambiar rápido. La excesiva dependencia de procedimientos burocráticos para la toma de decisiones es reducida o eliminada.
- Medida de resultados: es importante que las cosas correctas sean medidas. Las medidas importantes son aquellas que determinan si se están cumpliendo las promesas con clientes, accionistas, proveedores y colaboradores. Las medidas deben ser usadas como herramienta para aprender cómo mejorar y no para juicio.
- Recompensa de los empleados: el comportamiento excepcional debe ser recompensado de una forma en que se fomente la cooperación y el trabajo en equipo, como un reconocimiento público.

3.1.2. Planeación directiva

Los objetivos de la implementación Seis Sigma son:

- Objetivos de implementación
 - Nivel de negocios
 - Incrementar el valor de las acciones
 - Incrementar la participación de mercado
 - Mejorar la rentabilidad y el ROI

- Nivel de operaciones
 - Eliminar, la fábrica oculta costos por no hacer bien las cosas la primera vez.
 - Reducir el desperdicio y reproceso
 - Reducir los costos de mano de obra
 - Reducir los costos de materiales

- Nivel de procesos
 - Mejorar el tiempo de ciclo
 - Reducir los requerimientos de recursos
 - Incrementar el volumen de producción
 - Mejorar la productividad del proceso
 - Reducir defectos
 - Reducir variabilidad
 - Mejorar la capacidad del proceso

- Identificar los flujos claves de valor
 - ¿Qué procesos son críticos para el desempeño del negocio?
 - ¿Cómo los procesos entregan valor a los clientes?

- Determinar las métricas y los niveles de desempeño actuales del negocio
 - ¿Cómo se medirán los flujos claves de valor?
 - ¿Son las mediciones válidas, exactas y confiables?
 - ¿Son estables los procesos?
 - Sí, no, ¿Por qué no?
 - ¿Cuáles son los ciclos de tiempo típicos, costos y oportunidades de calidad en estos procesos?
 - ¿Cuál es la capacidad del proceso en el corto y largo plazo?
 - Mapas de procesos detallados cómo es y cómo debería ser para los principales procesos.
 - ¿Cómo el desempeño actual se relaciona con el *benchmark* o con las mejores en su clase?

- Rompimiento a los nuevos niveles desempeño
 - ¿Cuáles variables hacen la mayor diferencia?
 - ¿Cuáles son los mejores parámetros para estas variables?
 - ¿Pueden los procesos ser rediseñados para ser más robustos?
 - ¿Puede el producto ser rediseñado para ser más robusto o producido más fácilmente?

- Estandarizar el nuevo desempeño
 - Escribir procedimientos describiendo cómo operar el nuevo proceso.
 - Capacitar personas utilizando el nuevo sistema.
 - Cuando sea necesario, usar control estadístico de procesos para controlar la variación del proceso.
 - Modificar el inventario, la contabilidad de costos y otros sistemas de negocios para asegurar que el desempeño se ve reflejado en balances, órdenes de compra y niveles de reorden de inventario.

3.1.3. Talleres de mejora Seis Sigma

La estructura moderna de la organización está basada en el principio de la división del trabajo. La mayor parte de organizaciones consisten en varios departamentos enfocados en sus responsabilidades. Una desventaja de este sistema es que los diferentes departamentos tienden a optimizar sus operaciones en detrimento del desempeño de la organización como un todo.

Equipos interdepartamentales son grupos de personas con las habilidades necesarias para entregar el resultado deseado. Los procesos son diseñados por el equipo para crear el valor de una manera eficiente y efectiva. La administración debe ver que estas habilidades necesarias existan en la organización. También es función de la administración velar por que las barreras interdepartamentales sean derribadas para que haya cooperación.

Hay dos formas de hacer mejoras: mejorar el desempeño dado el sistema actual, o mejorar el sistema por sí mismo. Buena parte del tiempo, las mejoras dadas al sistema existente pueden ser hechas por una persona por sí sola. Estudios indican que este tipo de comportamiento es responsable del 5% al 15% de las mejoras. El restante 85% al 95% de las mejoras requerirán cambios al sistema en sí. Esto requiere una acción de grupo. Por eso la mayor parte de proyectos de mejoras Seis Sigma requerirán talleres de mejora.

Para el desarrollo de los talleres de mejora Seis Sigma se tienen varios modelos:

- Equipos de mejora de procesos: estos equipos se enfocan en la mejora de una o más características importantes del proceso. El enfoque debe ser en el proceso completo, no en una parte específica del proceso.

Los equipos de mejora de procesos trabajan tanto en mejora incremental, como en cambio radical. Por lo regular, están compuestos por personal de diferentes departamentos, niveles jerárquicos y le reportan a jefes diferentes.

- Grupos de trabajo: los grupos de trabajo se enfocan en un área de trabajo particular, por lo regular contenida en un solo departamento. Están formados por personal del mismo nivel jerárquico que le reportan al mismo jefe. Existen varios tipos de grupos de trabajo, como ejemplo están:
 - Círculos de calidad
 - Equipos autodirigidos

3.1.4. Evaluación y profundización del cambio

Evaluar el desempeño de los equipos envuelve los mismos principios que evaluar el desempeño en general. Antes de determinar qué tan bien se ha desempeñado una tarea en general, una línea de trabajo debe ser establecida y los objetivos identificados. Registros de progreso deben ser almacenados mientras el equipo persigue sus objetivos. Algunos ejemplos de medidas tangibles de desempeño son:

- Productividad
- Calidad
- Tiempo de ciclo

- Uso médico
- Ausencias
- Suspensiones
- Uso de consejería

Algunas medidas intangibles pueden ser:

- Actitudes del empleado
- Actitudes del cliente
- Quejas del cliente
- Cumplidos del cliente

El proceso del desempeño del equipo también debe ser medido. Las tasas de fallas de proyectos deben ser supervisadas. Una gráfica de control por atributos puede ser usada para evaluar las causas de variación en la tasa de proyectos que tienen éxito. Un análisis de fallas debe ser rigurosamente conducido.

Aubrey y Felkins (1988) listan una serie de medidas de efectividad del proceso:

- Líderes capacitados

- Número de posibles voluntarios
- Número de voluntarios real
- Porcentaje de voluntariado
- Proyectos empezados
- Proyectos inconclusos
- Proyectos completos / aprobados
- Proyectos completos / rechazados
- Mejora en la productividad
- Mejora en el ambiente de trabajo
- Número de equipos
- Equipos inactivos
- Mejora en la calidad del trabajo
- Mejora en la calidad del servicio
- Ahorros netos anuales

3.2. Procesos y solución de problemas

En su definición más amplia, un proceso es un conjunto de actividades o eventos que se realizan o suceden con un fin determinado. Como ejemplos pueden estar el proceso evolutivo, el proceso de metabolismo, el proceso judicial, el proceso de producción, entre otros. No todos los procesos mencionados anteriormente pueden ser mejorados por las técnicas de Seis Sigma; para que un proceso entre dentro del alcance de Seis Sigma debe cumplir con la definición que se enuncia a continuación.

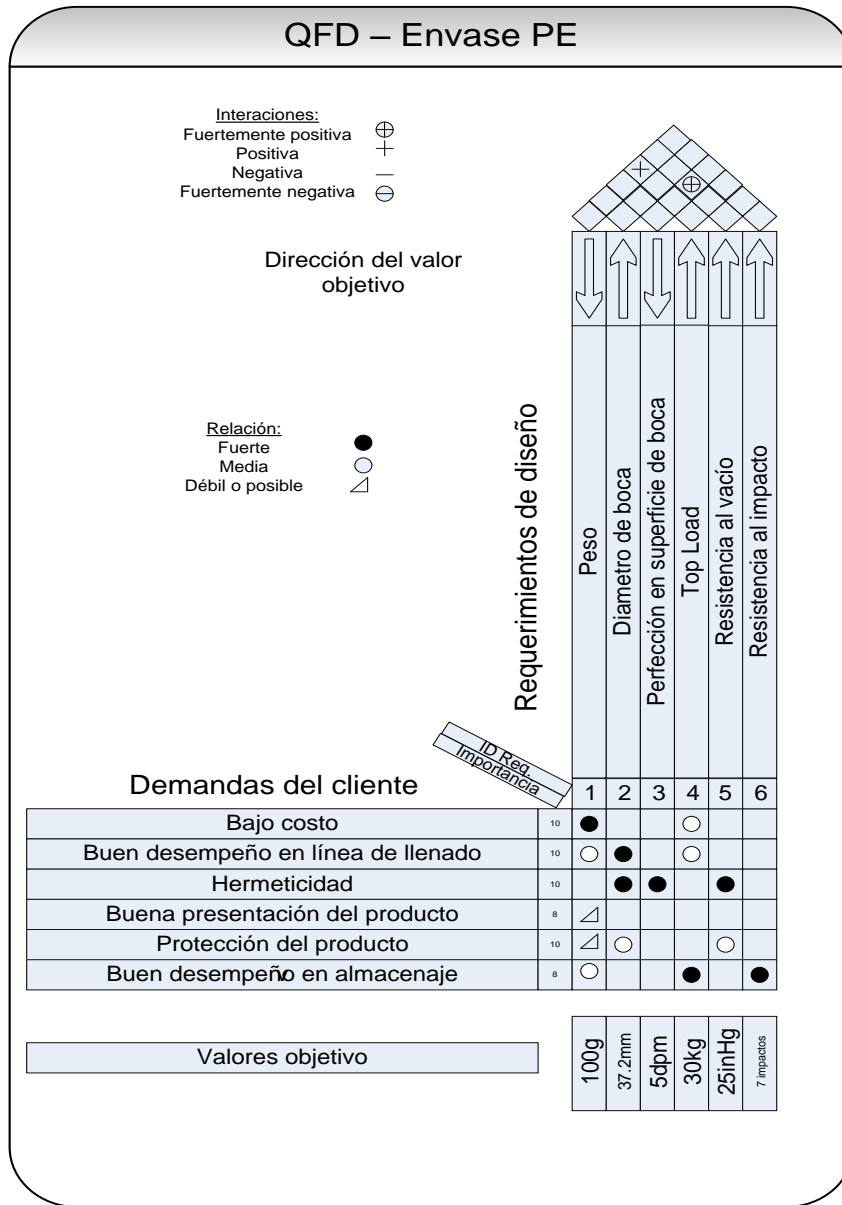
3.2.1. Definición de procesos Seis Sigma

Un proceso es una actividad o conjunto de actividades que transforman entradas en valores para unos beneficiarios. Las entradas pueden ser materia prima, mano de obra, materiales, expertaje, transacciones o servicios por las cuales alguien está dispuesto a pagar más de lo que cuesta crearlas. En otras palabras, un proceso añade valor a las entradas. Por lo que el proceso es “el acto de añadir valor a las entradas”⁵.

En el caso del proceso de IPISA, se puede hacer un enlace entre lo que el cliente ve como un valor agregado y las variables del proceso, utilizando la Función de despliegue de calidad para el proceso de extrusión-soplo en envases de polietileno:

⁵ PYZDEK, Thomas. The Six Sigma Handbook. p. 567.

Figura 12. **Función de despliegue de la calidad para envases de polietileno**



Fuente: elaboración propia.

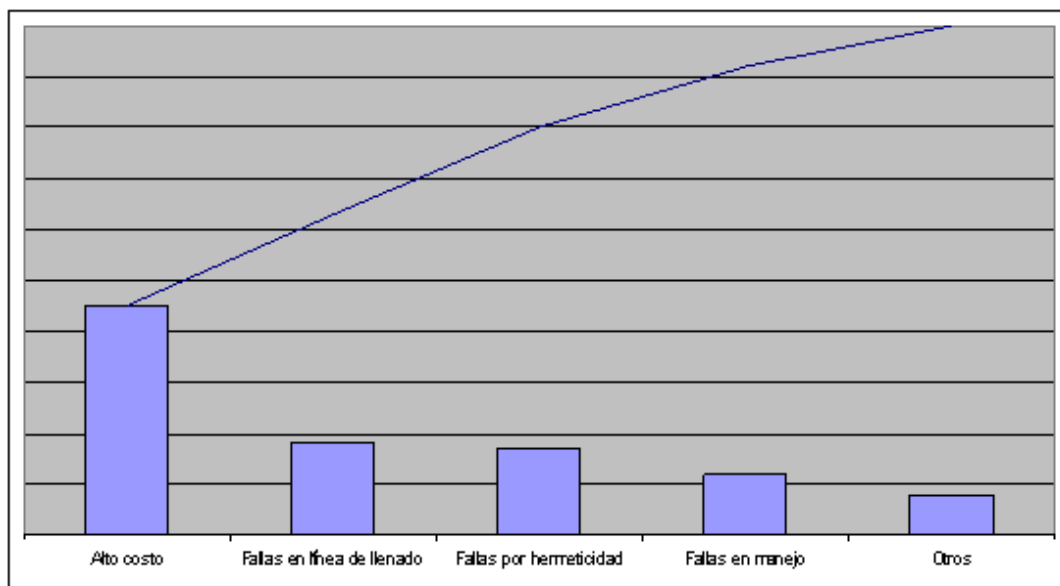
Como se puede ver en la figura 12, al cliente le importa en el producto principalmente dos cosas: el costo y el desempeño en la línea de llenado, dado

lo anterior, si se quiere mejorar el costo (el cual es directamente proporcional al peso del producto), debe hacerse manteniendo los requisitos de calidad exigidos por el cliente. En este caso en especial, si se reduce el peso, el desempeño en la línea de llenado disminuye porque la característica *Top Load* baja.

3.2.2. Uso de métodos estadísticos para la solución de problemas

De las características de calidad que le interesan al cliente, se puede ver cuál es la que más le interesa, según la figura 13:

Figura 13. Pareto de quejas de cliente



Fuente: elaboración propia con datos del departamento de comercialización de IPSA.

La queja más recurrente que tiene el cliente, es acerca del alto costo de los envases, por lo que los esfuerzos de la mejora se enfocarán en este rubro.

3.2.3. Diseño de experimentos

Como ejemplo de aplicación de este punto se intentará bajar el peso del envase galón Tampico, con el objetivo de bajar el costo, pero con la restricción del *Top Load*. En este caso se buscará medir la interacción de la variación del peso del envase, sin hacer modificaciones en molde o en herramienta, en relación al *Top Load*, ya que un *Top Load* muy bajo redundaría en un bajo desempeño en la línea de llenado, o bien durante el almacenaje y distribución del mismo. Para ello, se utilizará el enfoque de Diseño de Experimentos (DDE).

Para efectos de este estudio, la *variable de respuesta* será el *Top Load* del envase, el cual indica qué comportamiento tendrá el envase en la línea de llenado. Se sabe que el cliente no tolera un *Top Load* menor a 30 kg.

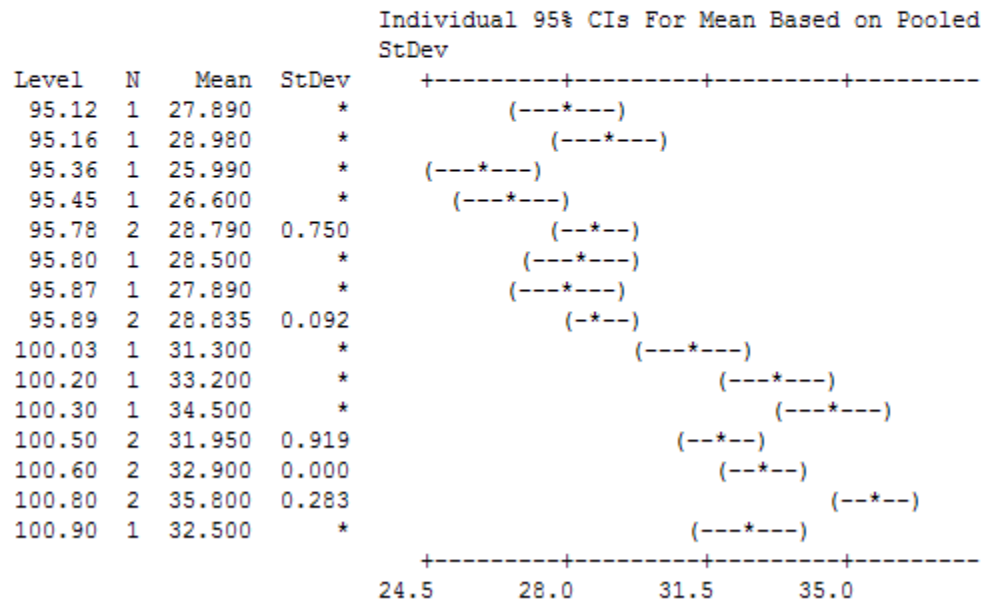
La variable primaria será el peso del envase, el cual se puede modificar de manera voluntaria. El peso actual es de 100 g y el peso objetivo es de 95 g.

Tabla IV. Resultados del ANOVA de Peso frente a *Top Load* utilizando Minitab 14

One-way ANOVA: TOP LOAD versus PESO

Source	DF	SS	MS	F	P
PESO	14	165.952	11.854	39.64	0.000
Error	5	1.495	0.299		
Total	19	167.447			

S = 0.5469 R-Sq = 99.11% R-Sq(adj) = 96.61%



Pooled StDev = 0.547

Fuente: elaboración propia.

Con un nivel de confianza del 99%, se tiene que el valor f de comparación es de 9,77⁶. Dado que el f calculado es de 39,64, como puede verse en tabla IV, se concluye que el cambio de peso tiene un efecto significativo en el *Top Load* al reducirlo. De este experimento se puede concluir que no se puede llegar al peso objetivo si no se hacen cambios en el diseño del envase o en núcleos y boquillas de la máquina. En capítulos posteriores se indicará cómo se solucionó este problema.

3.2.4. Mejora continua y optimización de procesos

La mejora continua debe ser una constante en las actividades de las empresas de la actualidad, para competir en el exigente mercado. KAIZEN es una filosofía de mejora continua. Una creencia en que todos los aspectos de la vida deben ser continuamente mejorados. En Japón, donde este concepto tiene su origen, se aplica a todos los aspectos de la vida, no solamente al trabajo. El enfoque KAIZEN está en la mejora sobre la marcha e involucra a todos. Su principal dominio son las pequeñas mejoras, que con el tiempo, pueden representar el equivalente a un gran proyecto. Las responsabilidades en el área de trabajo se describen en la tabla V.

⁶ WALPOLE, Ronald. Probabilidad y Estadística para ingenieros. "Valores críticos de la distribución f ". p. 186.

Tabla V. **Responsabilidades KAIZEN**

Posición	Responsabilidades
Alta gerencia	<ul style="list-style-type: none"> • Estar determinados a introducir KAIZEN como una estrategia corporativa. • Proveer de soporte y dirección para KAIZEN asignando recursos. • Establecer políticas KAIZEN. • Verificar el cumplimiento KAIZEN a través de auditorías. • Construir sistemas, procedimientos y estructuras que conduzcan a KAIZEN.
Mandos medios	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar los objetivos KAIZEN establecidos en las políticas. • Utilizar KAIZEN en sus funciones. • Establecer, mantener y mejorar los estándares y el personal. • Inculcar la consciencia KAIZEN en los empleados a través de capacitación. • Ayudar a los empleados a desarrollar habilidades y herramientas de solución de problemas. •
Supervisores	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar KAIZEN en las actividades diarias. • Formular planes KAIZEN y ser guía para los trabajadores. • Mejorar la comunicación con los trabajadores y mantener la moral alta. • Dar soporte a las actividades de grupos pequeños y motivar las sugerencias individuales. • Introducir disciplina en el área de trabajo. • Dar sugerencias KAIZEN.
Trabajadores	<ul style="list-style-type: none"> • Involucrarse en KAIZEN a través de los grupos de trabajo y sugerencias individuales. • Practicar la disciplina en el área de trabajo. • Involucrarse en la continua autosuperación para resolver mejor los problemas. • Mejorar la habilidad laboral y expertaje a través de educación.

Fuente: elaboración propia.

3.3. ISO 9 000 : 2008

Seis Sigma puede utilizarse como complemento a ISO 9 000 : 2008. Dado que ISO da un conjunto de normas en los que un Sistema de Gestión de Calidad debe implementarse, no limita el hecho de que se utilice la filosofía Seis Sigma. Los objetivos pueden definirse con base en los criterios Seis Sigma y los procedimientos enfocados KAIZEN. Las herramientas Seis Sigma pueden utilizarse como ayuda para cumplir con los requisitos de la Norma ISO 9 000 : 2008.

Puede tomarse como ejemplo un reclamo de un cliente. El procedimiento ISO establece que se deben determinar las causas, corregir el origen de las mismas y establecer un procedimiento de control para que no se vuelva a repetir. Para hacer esto se hace uso del ciclo DMAIC como se ilustra a continuación:

- Definir el problema de calidad
- Medir el problema de calidad actual
- Analizar las causas
- Implementar la corrección del origen del problema
- Controlar la mejora

4. IMPLANTACIÓN

4.1. Proyectos de mejora continua

Los proyectos de mejora continua son la base de una empresa que aplica Seis Sigma. A través de ellos se mejoran los procesos de una forma medible y cuantificable. Para llevarlos a cabo se utiliza el método DMAIC, el cual fue explicado con anterioridad y ahora se ejemplificará mediante un caso práctico.

4.1.1. Definir el problema

En el capítulo anterior se definieron las características que tienen valor para el cliente en el proceso de extrusión-soplo. Entre ellas, está el costo de los productos, para ello, se debe reducir el peso a los envases. Existen varias formas de reducir el peso de los envases, entre ellas está el ajuste mecánico de la máquina, el cual no requiere mayor inversión, ya que no hay que hacer modificaciones en el diseño de núcleos y boquillas o del molde. Como caso de aplicación se tomará el caso de galón Tampico, el cual se comenzó en el capítulo tres.

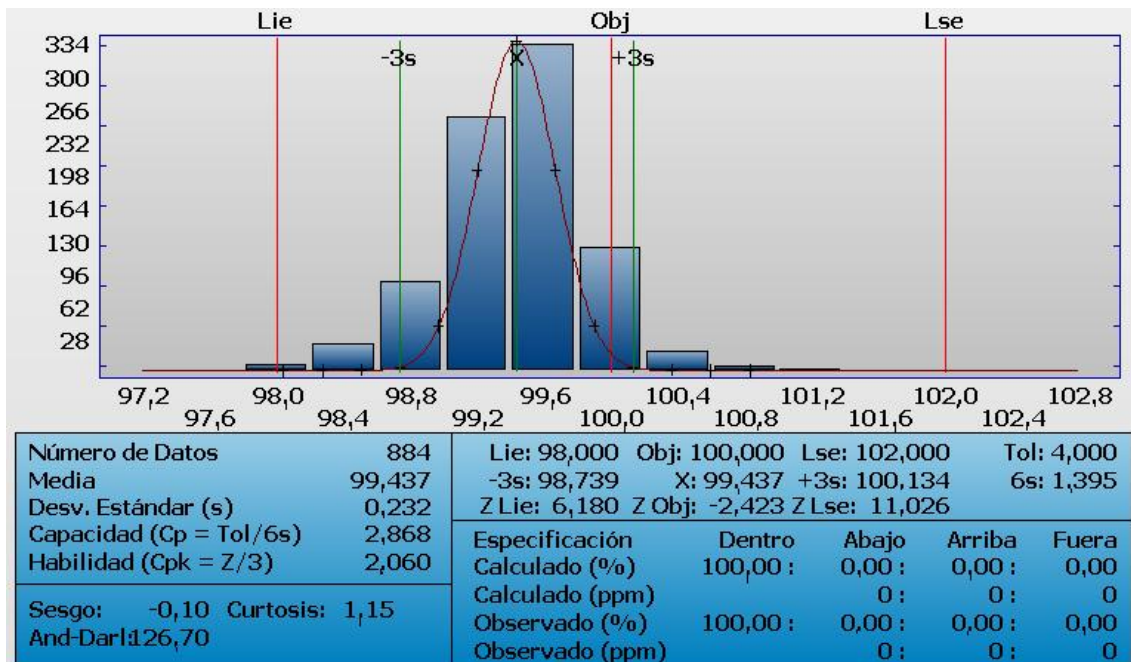
Como fue demostrado, no es posible bajar el peso sin afectar otras características de calidad que también son importantes para el cliente. Por ello, es necesario hacerlo por otro camino: puede ser haciendo modificaciones en el instrumental de la máquina o bien en el diseño del envase.

Dado que hacer modificaciones en el diseño del envase resulta demasiado costoso porque habría que cambiar el molde, se tomó la decisión de hacerlo modificando el herramental de la máquina.

4.1.2. Medir la situación actual del problema

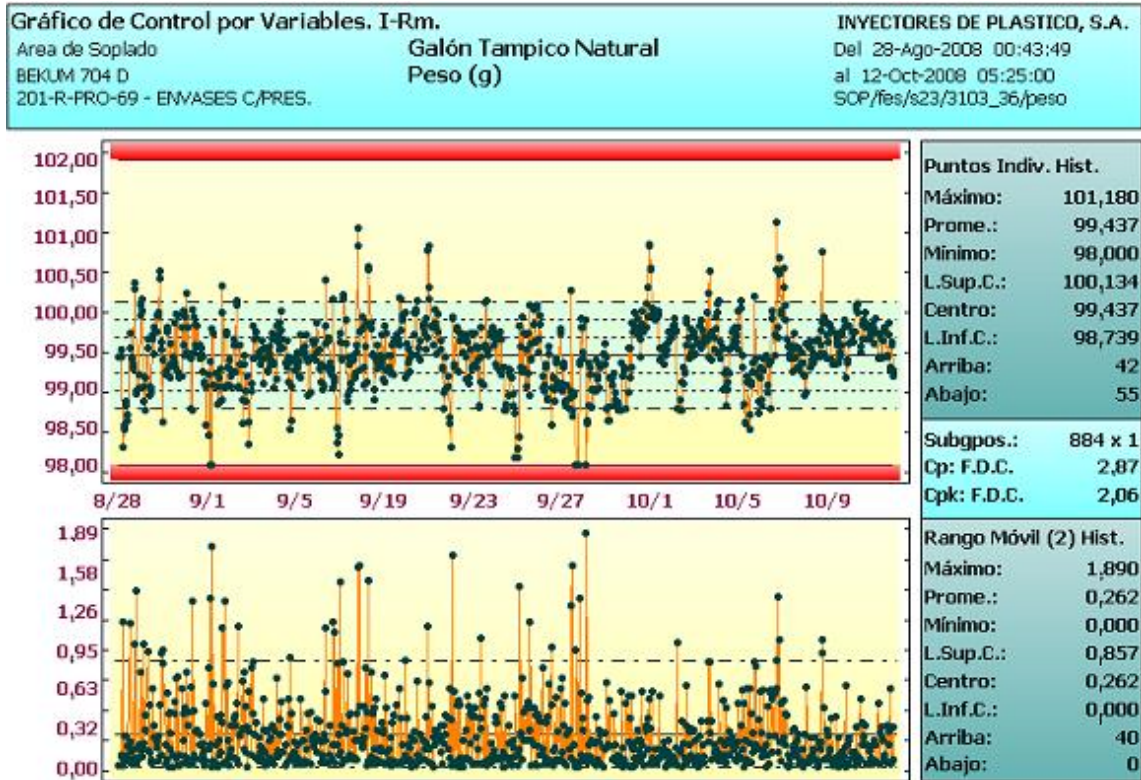
Para medir la situación actual del envase se muestra la carta de control y el gráfico de distribución normal de pesos del envase de galón Tampico.

Figura 14. Capacidad de proceso de galón Tampico



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Gráfico de control por variables de galón Tampico



Fuente: elaboración propia.

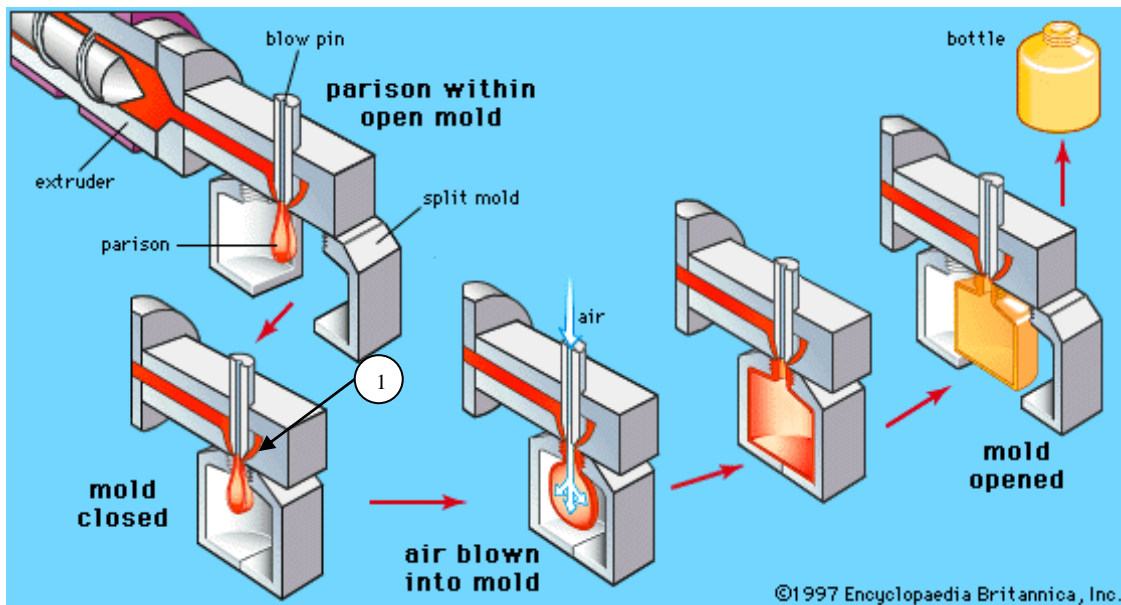
Como se puede observar, los datos muestran un comportamiento que cumple con los criterios de la distribución normal. Los índices de Capacidad (Cp) y Habilidad (Cpk) son mayores a 1,33 lo que indica que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones actuales y efectivamente lo hace. El peso promedio es de 99,43 g, el cual se quiere reducir a 95 g.

4.1.3. Analizar las causas raíz

Según el análisis realizado, se llegó a la conclusión de que se deben modificar las boquillas y núcleos del cabezal extrusor de la máquina. Se explicará a continuación el funcionamiento de los mismos a manera de aclaración.

Como fue explicado en el capítulo 1, el proceso de extrusión-soplo consiste en extruir un párison, el cual es atrapado por el molde y luego el párison es soplado hasta que tome la forma del molde. En la figura 16 se ilustra este proceso:

Figura 16. Proceso de Extrusión – Soplo

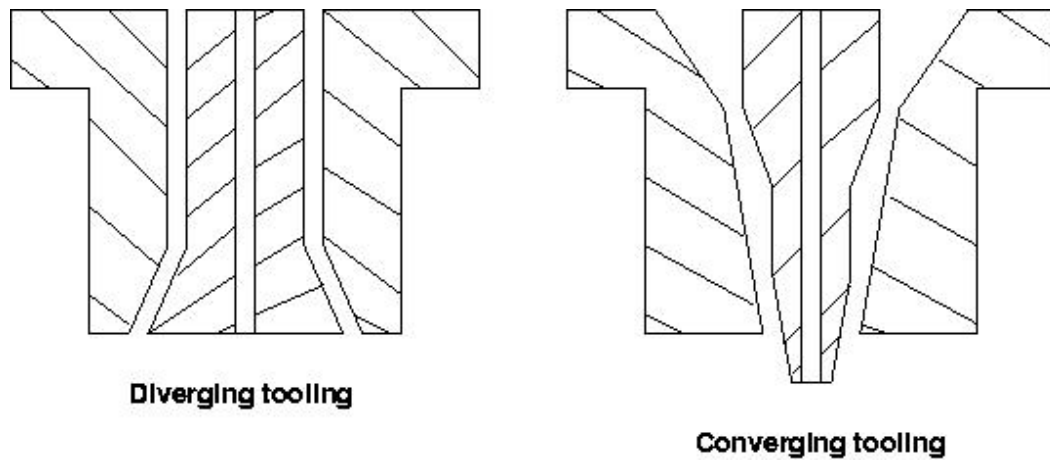


Fuente: < <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/463684/plastic/82478/Blow-molding> > .

[Consulta: en enero de 2011].

Las boquillas y núcleos están ubicados en el punto 1 y su función es dar al párison el espesor y diámetro adecuados a las características finales del envase deseadas.

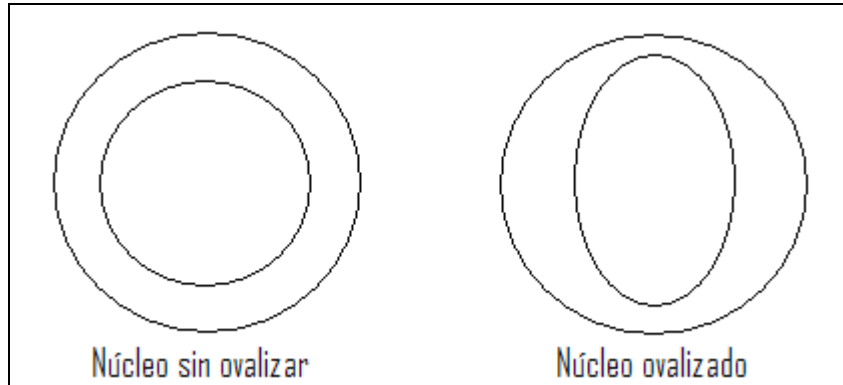
Figura 17. **Boquilla y núcleo**



Fuente: <me.umn.edu/education/courses/me3221-sum/LabSm08/BlowMolding/blowmolding.html>. [Consulta: en enero de 2011].

Las boquillas y núcleos actuales tenían una forma totalmente cilíndrica, por lo que se hizo un trabajo de ovalizado del núcleo (ver figura 18) para dar mayor espesor en los lugares clave del envase que soportan el peso y al mismo tiempo reducir el espesor en otros puntos, reduciendo el peso de esta manera.

Figura 18. **Ovalización de núcleo**



Fuente: elaboración propia.

4.1.4. Mejorar las VCC (Variables críticas de calidad)

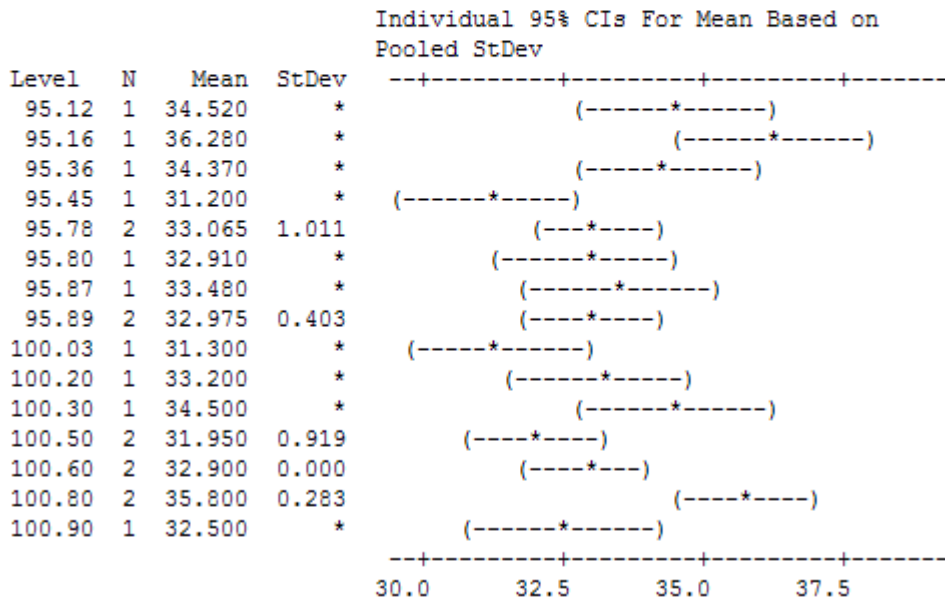
Con la modificación en boquillas y núcleos de la máquina, se tuvieron los siguientes resultados de *Top Load* frente a peso:

Tabla VI. **Resultados del ANOVA de peso frente a *Top Load* utilizando Minitab 14**

One-way ANOVA: TOP LOAD versus PESO

Source	DF	SS	MS	F	P
PESO	14	38.850	2.775	6.58	0.024
Error	5	2.110	0.422		
Total	19	40.960			

S = 0.6496 R-Sq = 94.85% R-Sq(adj) = 80.43%



Pooled StDev = 0.650

Fuente: elaboración propia.

Con un nivel de confianza del 99%, se tiene que el valor f de comparación es de $9,77^7$. Dado que el f calculado es de 6,58, como se puede ver en tabla VI, se concluye que el cambio de peso no tiene un efecto significativo en el *Top Load* al reducirlo, después del cambio de diseño de boquillas y núcleos.

⁷ WALPOLE, Ronald. Probabilidad y Estadística para ingenieros “Valores críticos de la distribución f ” p. 687.

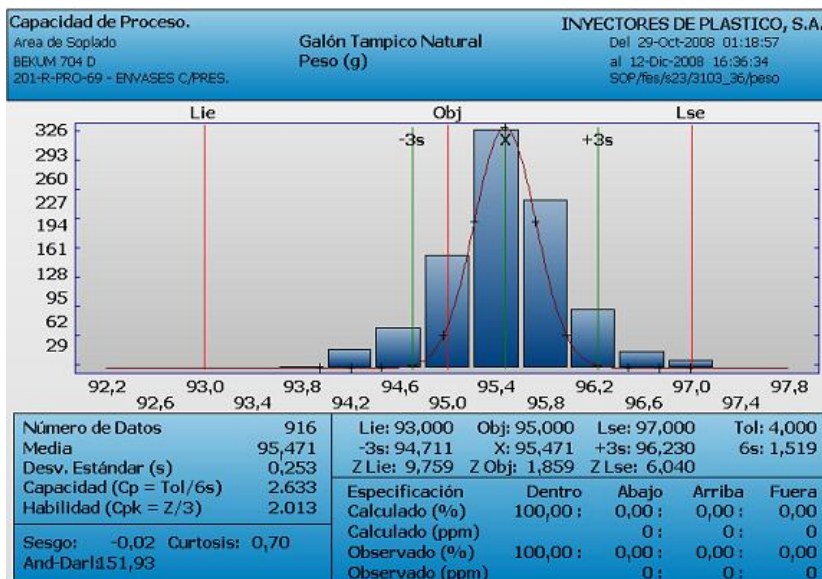
Esto quiere decir, que el cambio de peso no afecta el *Top Load*, por lo tanto, el producto puede producirse con el peso objetivo de 95 g.

Si se toma en cuenta una producción anual de 5 110 000⁸ unidades, se tiene un ahorro de materia prima de 25 550 kg. A un costo de Q5,00 el kg, se tiene un ahorro de Q127 750 anuales para este proyecto.

4.1.5. Controlar para mantener la mejora

A continuación se muestran los datos de varios meses de corrida continua de producción del envase en cuestión, con el peso mejorado, manteniendo el resto de características de calidad deseadas.

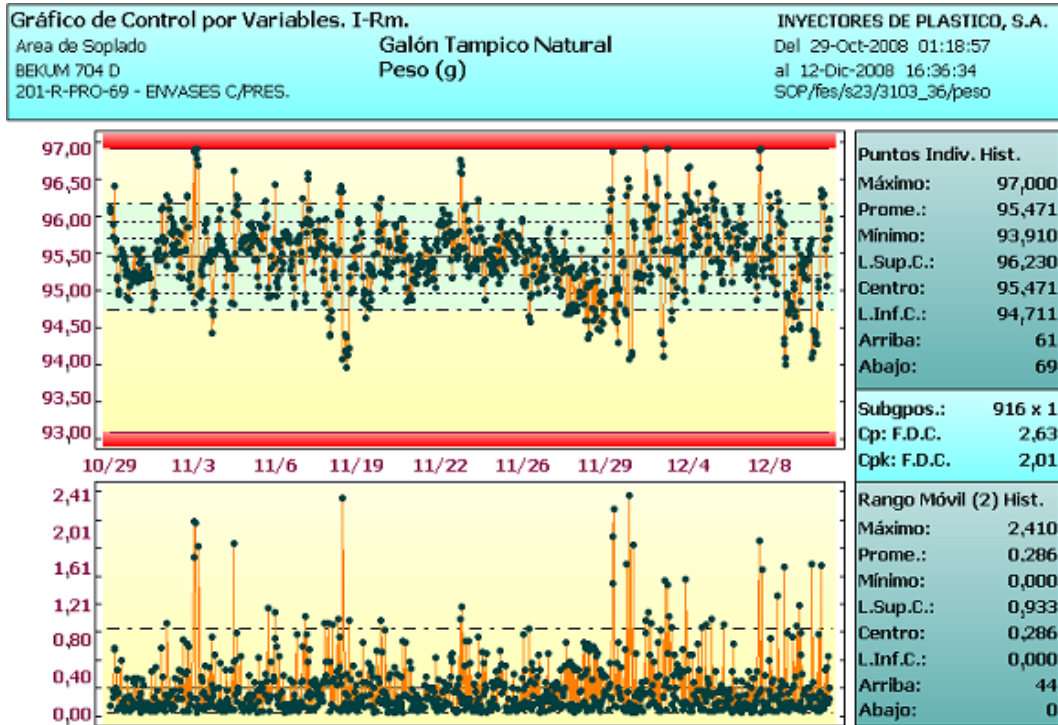
Figura 19. Capacidad del proceso, producto mejorado



Fuente: elaboración propia.

⁸ Datos ficticios para proteger confidencialidad de la empresa.

Figura 20. Gráfico de control, producto mejorado



Fuente: elaboración propia.

Como se demuestra, se puede producir el envase con una media de 95,47 g e índices Cp y Cpk de 2,63 y 2,01 respectivamente, lo cual garantiza que se puede mantener el proceso dentro de los parámetros especificados.

4.2. Diseño para Seis Sigma

Otra de las aplicaciones del modelo de Seis Sigma está en el diseño de productos. IPSA encuentra en el diseño de los productos innovadores una de sus principales fortalezas, por lo que merece una mención especial. Para ejemplificar el mismo se utilizará un nuevo método de creación de prototipos de envases producidos por el método de extrusión-soplo, que podría reducir el tiempo de diseño del envase a la creación del prototipo de 30 a 5 días y además reducir el costo de materiales del herramental.

4.2.1. Definir

En esta etapa se deben definir los objetivos de la actividad de diseño. Y para ello, es necesario plantearse las siguientes preguntas:

- ¿Qué está siendo diseñado?
- ¿Por qué?

Además, es conveniente utilizar la función de despliegue de calidad para asegurarse que los objetivos de diseño cumplen con los requerimientos del cliente.

Caso ejemplo

Se desea diseñar un nuevo método de generación de prototipos de envases, obtenidos por el método de extrusión-soplo, que sea cercano al producto final. El objetivo de esto es reducir el tiempo de 30 a 5 días y el costo de la generación de prototipos al utilizarse un polímero en lugar de aluminio en el molde prototipo.

4.2.2. Medir

Determinar las métricas críticas. Convertir los requerimientos del cliente en objetivos de proyecto.

Caso ejemplo

Las métricas críticas del proyecto ejemplo son:

- Tiempo de generación del envase prototipo
- Costo del herramental utilizado

4.2.3. Analizar

Analizar las opciones disponibles para alcanzar los objetivos. Determinar el desempeño de los diseños similares *best-in-class*.

Caso ejemplo

Para alcanzar el objetivo, se han analizado diferentes opciones en el mercado y la mejor ha sido el reemplazo de material de aluminio por policarbonato para el molde prototipo. Como se puede ver en la ilustración, el molde prototipo actual es de aluminio, lo cual incrementa los costos de manufactura, en tiempo y materiales.

Figura 21. **Molde de aluminio**



Fuente: <mouldrepair.com/html/mold_-_sports_bottle.html>. [Consulta: en diciembre de 2010].

El método propuesto consiste en utilizar policarbonato para fabricar el molde:

Figura 22. **Molde de policarbonato**



Fuente: SCIORTINO, Susan. *Extrusion Blow Molding with FDM*. p. 3.

4.2.4. Diseñar

Diseñar el nuevo producto servicio o proceso. Usar modelos predictivos, simulación, prototipos, corridas piloto, para validar la efectividad del concepto diseñado en alcanzar objetivos.

Caso ejemplo

Según las corridas que se han visto con otros fabricantes de moldes, se ha visto que los moldes de policarbonato son capaces de producir miles de unidades y la fabricación del molde prototipo es en menos de cinco días, lo cual sería suficiente para probarse en la línea de llenado del cliente y en condiciones de almacenamiento y distribución reales.

4.2.5. Verificar

Verificar la efectividad del diseño en el mundo real.

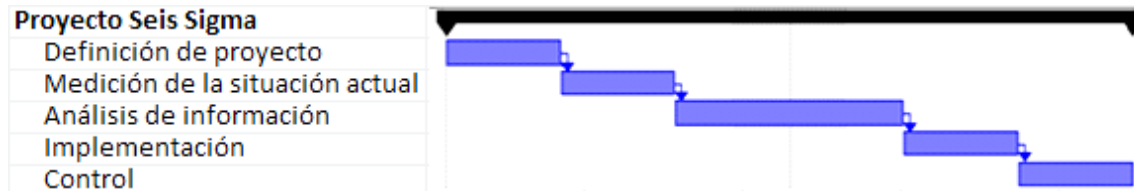
Caso ejemplo

Se probaría el envase prototipo fabricado con el molde diseñado en las instalaciones del cliente, quien dará su aprobación final.

4.3. Cronograma de actividades

El cronograma de actividades de un proyecto Seis Sigma debe quedar con el siguiente esquema:

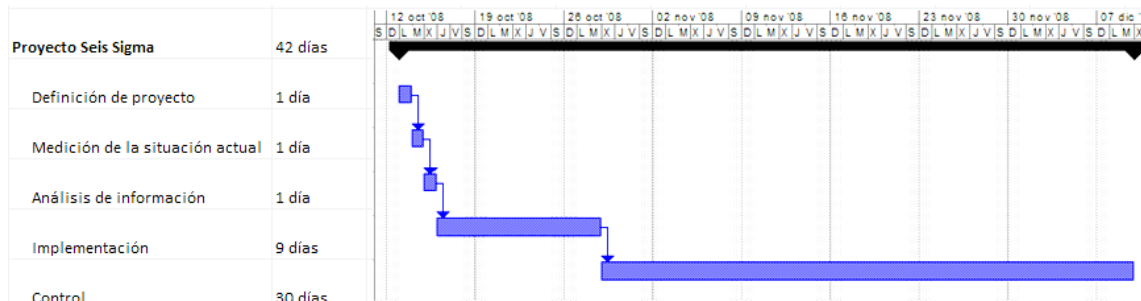
Figura 23. **Ejemplo de cronograma de proyecto Seis Sigma**



Fuente: elaboración propia.

Como ejemplo, se utilizará el cronograma utilizado para hacer la mejora en el envase de galón Tampico:

Figura 24. **Cronograma de actividades de proyecto de reducción de peso de galón Tampico**



Fuente: elaboración propia.

4.4. Presupuesto

Uno de los requisitos de un proyecto Seis Sigma es que debe ser cuantificable. En el caso del proyecto de reducción de costos del galón Tampico se cuantificó de la siguiente forma⁹:

⁹Datos ficticios por privacidad de la empresa

Tabla VII. **Presupuesto de proyecto de reducción de peso de galón Tampico**

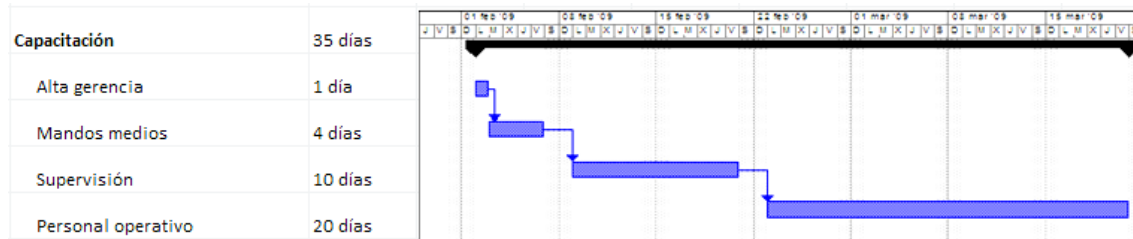
Costo de material de nuevo juego de núcleos	Q15 000,00
Costo de mano de obra	Q25 000,00
Costo de instalación	Q2 000,00
Costo total	Q42 000,00
Costo de materia prima por kg	Q115,00
Gramaje ahorrado por envase (g)	5
Envases producidos en un mes	250 000
Gramos ahorrados en un mes (g)	1 250 000
Ahorro mensual	Q143 750,00
Tiempo de recuperación (días)	9

Fuente: elaboración propia.

4.5. **Plan de acción y recursos para implementación de Seis Sigma en IPSA**

Dado que IPSA cuenta con personal dedicado tiempo completo a la capacitación en temas de calidad y mejora continua, no se considera necesario contratar personal externo para dicha capacitación. Además, se cuenta con toda la infraestructura para dar dichas capacitaciones, tales como salas de capacitación, *laptops*, equipo audiovisual, cañoneras, etcétera. Por lo que la inversión consistirá principalmente en el tiempo que dedique el personal que reciba el curso. El cronograma propuesto para impartir la capacitación es el siguiente:

Figura 25. **Cronograma de capacitación Seis Sigma**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra el estimado horas – hombre por nivel jerárquico y costo estimado¹⁰:

Tabla VIII. **Presupuesto de capacitación Seis sigma**

Área funcional	Per. Capacitado	Horas	Costo x hora	Costo x área
Alta gerencia	1	4	Q150,00	Q600,00
Mandos medios	4	8	Q125,00	Q4 000,00
Supervisión	12	8	Q100,00	Q9 600,00
Personal operativo	35	8	Q75,00	Q21 000,00
Total				Q35 200,00

Fuente: elaboración propia.

¹⁰ Datos ficticios por privacidad de la empresa.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Control de la implementación

Una vez terminado el proyecto todavía no se puede dejar sin seguimiento. Es necesario asegurar que los cambios sean permanentes. IPSA cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad ISO 9 000 : 2008 que puede ser un gran aliado. Si bien es cierto, que los cambios pueden encontrar algunas complicaciones cuando estos sistemas están implementados, una vez terminado el proyecto y la eficacia del mismo es demostrada, son un gran aliado para mantener el cambio.

Los puntos que deben ser actualizados para mantener el cambio, siempre que aplique, son los siguientes:

- Políticas corporativas
- Estándares
- Procedimientos
- Apreciación de la calidad y criterios de auditoría
- Precios y contratos
- Dibujos de ingeniería

- Planificación de la producción
- Sistemas contables
- Presupuestos
- Pronósticos de mano de obra
- Capacitación
- Sistemas de información

5.1.1. Auditorías

En IPSA los cambios son incorporados al Sistema de Gestión de Calidad y se asegura el cumplimiento de los mismos mediante auditorías, las cuales evalúan los siguientes puntos:

- Los procedimientos deben estar actualizados
- Las personas deben conocer y ejecutar los procedimientos que corresponden a su puesto de trabajo.
- Debe haber evidencia del cumplimiento de los procedimientos

Hay dos clases de auditorías, internas y externas. Las auditorías internas son llevadas a cabo por personal de la empresa, debidamente capacitados y acreditados como auditores internos y tienen una frecuencia de seis meses. Las auditorías externas son hechas por clientes o bien por un ente de certificación y tienen una frecuencia de un año.

5.1.2. Evaluación de resultados de las auditorías

Durante las auditorías se pueden tener los siguientes hallazgos:

- Incumplimiento de procedimientos
- Incumplimiento de la norma
- Observaciones

Si durante la auditoría se encuentran incumplimientos a la norma se considera como una no conformidad grave. Si son incumplimientos a procedimientos internos es una no conformidad leve (siempre que no hayan sido hallados en una auditoría anterior).

También hay puntos de mejora que son hechos ver por el auditor, que se colocan como observaciones, los cuales ya deben haber sido implementados para la siguiente auditoría.

En caso de hallarse una No conformidad grave, la empresa puede perder la certificación y es necesario convocar a una auditoría extraordinaria, una vez halla sido corregida la No conformidad. Si es una No conformidad leve es necesario presentar un Plan de Acciones Correctivas el cual debe ser ejecutado en el tiempo ofrecido. En el caso de las observaciones, simplemente se hace un cronograma de solución de las observaciones, las cuales deben ser solucionadas antes de la siguiente auditoría.

5.2. Análisis del cumplimiento de los objetivos

Como todo proyecto, los proyectos Seis Sigma deben ser analizados para verificar si los objetivos fueron alcanzados y en cuánto tiempo. A continuación se analizará el proyecto de cambio de peso de envase de galón Tampico, que se ha venido trabajando en capítulos anteriores.

El peso ha tenido seguimiento con base en el procedimiento estándar de control de peso de los envases, lo cual garantiza que se supervisará el cambio permanentemente.

5.2.1. Cronología y comportamiento del proceso

Como se puede observar en el cronograma (figura 21), la reducción del peso del envase fue alcanzada en el tiempo previsto, como queda demostrado en los registros históricos de peso (figuras 5 y 8) y el peso bajo se ha mantenido dentro de los parámetros establecidos (figura 22).

5.2.2. Diferencia entre el desempeño actual y los objetivos

El objetivo era alcanzar un peso de 95 g, y se obtuvo un promedio de 95,47 g durante el primer mes de operación, lo cual da un margen de +0,47 g del peso objetivo, pero que está dentro de la tolerancia de diseño de los envases de esta capacidad, que es de 2 g. Esta variación es natural del proceso de fabricación del envase.

5.2.3. Factores que afectan la eficiencia del proceso

Entre los factores que afectan el desempeño del proceso están los siguientes:

- Uso de diversas materias primas, con *Melt Index* diferente, para lo cual es necesario ajustar parámetros del proceso.
- Variaciones en las condiciones ambientales, que son una variable que afecta el procesamiento de los envases.
- Cambio de turnos de trabajo
- Variaciones provocadas por la maquinaria, que son inherentes al proceso

CONCLUSIONES

1. Dada la cultura de calidad existente en IPSA, la implementación de Seis Sigma consistirá principalmente en la estandarización de la metodología de proyectos de mejora que ya se hacen.
2. IPSA tiene un área de oportunidad grande en relación a la productividad, en las áreas de producción e investigación y desarrollo.
3. Debido a que se maneja gran cantidad de proyectos de mejora y que uno de los objetivos de la misión de la empresa consiste en ser los mejores del mercado, sí es necesaria la implementación de Seis Sigma.
4. En IPSA se pueden implementar los modelos DMAMC para proyectos de mejora y DMADC para proyectos de diseño.
5. El personal del programa Óptima puede encargarse de dar la capacitación necesaria al personal de la empresa en temas Seis Sigma. No se considera necesaria una certificación Seis Sigma, por el momento.
6. La capacitación puede ser dada al personal según el cronograma de la figura 23.
7. El seguimiento y aseguramiento de los proyectos Seis Sigma puede ser hecho a través del Sistema de Gestión de Calidad que ya fue implementado.

8. En la aplicación de Seis Sigma en el ejemplo de cambio de peso de galón Tampico, IPSA obtuvo un ahorro de materia prima de 25 550 kg al año, lo que equivale a Q127 750 anuales, sin sacrificar la calidad, como fue demostrado en los estudios de análisis de varianza.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario estandarizar la estructura de los proyectos de mejora y diseño.
2. Explotar el área de oportunidad de producción y diseño para optimizar los recursos.
3. Utilizar la metodología Seis Sigma en la estandarización de proyectos de mejora y diseño.
4. Es más eficiente el uso de las metodologías DMAMC y DMADC para proyectos de mejora y diseño respectivamente.
5. Que el personal del programa Óptima imparta los cursos de la metodología Seis Sigma, sin mayor inversión que el tiempo invertido por los participantes del curso.
6. Impartir capacitación según el cronograma propuesto.
7. Dar seguimiento a los proyectos Seis Sigma a través del Sistema de Gestión de Calidad ya implementado.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVILA, Andrea. *Modelo para la implementación de Seis Sigma en base a una industria de acero*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2006. 138 p.
2. EDOSOMWAN, J.A. *Customer and Market-Driven Quality Management*, Milwaukee, WI: ASQ Quality Press, 1993. 12 p.
3. EVANS, James; LINDSAY, William. *Administración y control de la calidad*. 4ª ed. México: Thompson Learning, 2004. 785 p. ISBN 114-233445-04.
4. GUTIERREZ, Humberto, e *tal* . *Control estadístico de calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill, 2004. 636 p.
5. HERATH, Banda. *Process Improvement: optimizing an injection molding process: a project team used advanced design of experiments and multivariate data analysis*. Milwaukee, WI: American Society for Quality, 2007. 4 p.
6. JOHNSON, Louis ; GEIGER, Roy. *Inspection breakthrough improvement for your inspection process* Milwaukee, WI: American Society for Quality. 2007. 6 p.

7. KENDRICK, John David ; SAATY, Dan. *Use analytic hierarchy process for project selection*. Milwaukee, WI: American Society for Quality, 2007. 8 p.
8. KOTLER, P. *Marketing management: analysis, planning, implementation, and control*. 7^a ed. Estados Unidos: Prentice-Hall, 1991. 756 p. ISBN 978-0132435109.
9. PYZDEK, Thomas. *The Six Sigma Handbook*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2003. 830 p. ISBN 978-0071372336.
10. SCIORTINO, Susan. *Extrusion Blow Molding with FDM*. Estados Unidos: Stratasys, 2007. 6 p.
11. STAUFFER, Rip. *Enhance Six Sigma by setting project baselines at the beginning*. Milwaukee, WI: American Society for Quality. 2008. 5 p.
12. WALPOLE, Ronald. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. 6^a ed. México: Prentice Hall, 1999. 739 p.

ANEXOS

Mejora del Método DMAIC

A través de la experiencia, se han encontrado fallas en el modelo DMAIC, las cuales se mencionan a continuación (STAUFFER, 2008):

- Fallas en la investigación de lo que puede alcanzar un proceso en su máximo potencial.
- Escoger un camino de mejora que se tomará solamente si hay una necesidad probada.
- Asumir que se pueden identificar adecuadamente las variables de entrada. Cuando un proceso es operado impredeciblemente, está sujeto a los efectos de causas asignables que son desconocidas y dominantes.

La principal debilidad es la primera falla, porque implica que en la fase de definición, no se estiman correctamente los beneficios, retrabajo en fases posteriores e incluso puede llevar al fracaso del proyecto.

A continuación, algunos elementos de un análisis riguroso (STAUFFER, 2008):

- Análisis estadístico
- Estado del proceso

Un buen análisis estadístico va más allá de la práctica matemática. Es necesario tomar en cuenta: estadística descriptiva, teoría probabilística, estadística inferencial y homogeneidad. La teoría cubre ampliamente los tres primeros, pero la homogeneidad es asumida. Antes de caracterizar una distribución es necesario determinar si los datos son homogéneos, debido a que las herramientas estadísticas son tan buenas como la homogeneidad de la información. La herramienta más útil para determinar si un conjunto de datos es homogéneo son los gráficos de control.

Un proceso puede encontrarse en cuatro estados: caos, al borde del caos, estado umbral y estado ideal. En el estado de caos, no es estable y no cumple con las especificaciones. Al borde del caos cumple con las especificaciones pero no es estable. En el estado de umbral no cumple con las especificaciones pero es estable. Y cumple con las especificaciones y es estable en el estado ideal. Los procesos en caos y al borde del caos deberán estabilizarse antes de iniciar cualquier proyecto, ya que si no se pueden predecir las entradas mucho menos las salidas del proyecto de mejora. Los procesos en estado ideal pueden mejorarse, pero puede ser bastante costoso.

Los procesos en el estado de umbral son los mejores candidatos para proyectos de mejora, ya las salidas del proyecto deben cambiarse y hay grandes oportunidades de retorno de inversión.

En conclusión, la medición debe iniciarse desde la fase de planeación, ya que para determinar que un proceso es un buen candidato para un proyecto, debe saberse en qué estado se encuentra y si los datos que proporciona son homogéneos (STAUFFER, 2008).