



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL
DE CALIDAD BASADO EN LA METODOLOGÍA DE SEIS SIGMA PARA EL
PRODUCTO TERMINADO EN UNA FÁBRICA DE CALCETAS Y CALCETINES**

Luis Alfredo Lemus Paz

Asesorado por la Msc. Inga. Vivian Aracely Gramajo Juárez

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL
DE CALIDAD BASADO EN LA METODOLOGÍA DE SEIS SIGMA PARA EL
PRODUCTO TERMINADO EN UNA FÁBRICA DE CALCETAS Y CALCETINES**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS ALFREDO LEMUS PAZ

ASESORADO POR LA MSC. INGA. VIVIAN ARACELY GRAMAJO JUÁREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

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. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Karla María Lucas Guzmán
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD BASADO EN LA METODOLOGÍA DE SEIS SIGMA PARA EL PRODUCTO TERMINADO EN UNA FÁBRICA DE CALCETAS Y CALCETINES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha febrero de 2013.



Luis Alfredo Lemus Paz

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

AGS-MGIPP-0039-2013

Guatemala, 06 de febrero de 2013.

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Industrial
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Luis Alfredo Lemus Paz** con carné número **2006-11036**, quien optó la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

Inga. Vivian Gramajo
C.O. 11/131

Msc. Inga. Vivian Aracely Gramajo S.
Asesor (a)

"Id y enseñad a todos"

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



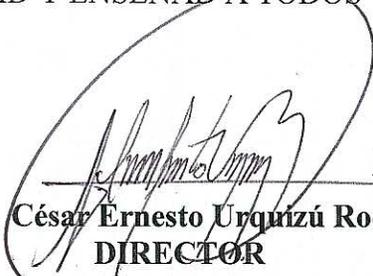
Cc: archivo
/la



REF.DIR.EMI.060.013

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 en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD BASADO EN LA METODOLOGÍA DE SEIS SIGMA PARA EL PRODUCTO TERMINADO EN UNA FÁBRICA DE CALCETAS Y CALCETINES**, presentado por el estudiante universitario **Luis Alfredo Lemus Paz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2013.

/mgp



Ref. DTG.155.2013

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: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD BASADO EN LA METODOLOGÍA DE SEIS SIGMA PARA EL PRODUCTO TERMINADO EN UNA FÁBRICA DE CALCETAS Y CALCETINES**, presentado por el estudiante universitario **Luis Alfredo Lemus Paz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, febrero de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida y permitirme lograr mis sueños y anhelos.
- Mi padre** Wenceslao de Manuel Lemus Morales, por ser ejemplo de esfuerzo, dedicación y lucha en la vida y fuente de motivación para alcanzar mis metas.
- Mi madre** Siomara Lisseth Paz Galindo, por su cariño y amor incondicional que me ha brindado en toda mi vida.
- Mis abuelos** Ricardo Enrique Paz Cordón (q.e.p.d.), Eladio Manuel Lemus Duarte (q.e.p.d.), Betzabé de Paula Morales Guerra de Lemus y Rosa Galindo de Paz por ser ejemplos de trabajo y lucha frente a cualquier adversidad.
- Amigos** Por sus consejos, ayuda y apoyo que muestran en cada momento.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios que me permitió alcanzar mis sueños e impulsó a visualizar nuevos.

Facultad de Ingeniería

Por ser una parte importante en mi formación como profesional.

**Mis compañeros de la
facultad**

Por el apoyo e intercambio de conocimientos académicos a lo largo de la carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS	5
4. JUSTIFICACIÓN	7
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
6. ALCANCES Y LIMITACIONES	11
7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	13
7.1. Capacidad del proceso y variación del producto	18
7.2. Capacidad del proceso y el índice de capacidad del proceso.....	19
7.3. Índice de capacidad superior o inferior.....	20
7.4. Control estadístico del proceso	20
7.5. Gráficas de control para atributos y variables.....	21
7.6. Seis Sigma	22

8.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	27
9.	CONTENIDO	29
10.	MÉTODOS Y TÉCNICAS	33
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	37
12.	RECURSOS.....	39
13.	BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Espiral del progreso en la calidad	14
2.	Diagrama de trilogía de Juran	15

TABLAS

I.	Nivel Seis Sigma vrs costo de calidad.....	25
II.	Estrategia y metodología de la investigación	34
III.	Cronograma de actividades.	37
IV.	Recursos necesarios.....	39

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
μ	Desviación estándar
Z	Distribución Normal
R	Rango
6σ	Seis Sigma

GLOSARIO

Calidad	Conjunto de propiedades inherentes a un objeto que le confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas.
Costo	Monto económico que representa la fabricación de cualquier componente, producto o la prestación de cualquier servicio.
Desviación estándar	Es una medida de centralización o dispersión para variables de razón y de intervalo utilizado en la estadística descriptiva.
Estándares	Modelo, criterio, o regla de medida de los requisitos mínimos aceptables para la operación de un proceso específico, con el fin de asegurar la calidad.
Gráficos de control	Es una comparación gráfica de los datos de desempeño de proceso con los límites de control estadístico calculados, dibujada como rectas limitantes sobre la gráfica.
Seis Sigma	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.

RESUMEN

La presente investigación se desarrollará en una fábrica textil ubicada en el municipio de Mixco del departamento de Guatemala, específicamente en el área de Control de Calidad. La realización de dicha investigación proporcionará información útil, a través del diseño de un sistema de control de calidad, que permitirá controlar los puntos críticos en el proceso de producción de calcetas y calcetines para entregarlo al cliente, según requerimientos y especificaciones establecidas.

Se considera necesaria la realización de la investigación para lograr una reducción de costos a través de evitar reprocesos, generación de producto de segunda calidad y errores en entregas de productos defectuosos al cliente.

La metodología a utilizar para diseñar el sistema de control de calidad, es Seis Sigma que controlará la variabilidad en los procesos. Se definirá y describirá el problema para detallar los requerimientos y especificaciones del producto a fabricar, para que posteriormente se mida la situación actual de los procesos productivos y se diseñe el sistema de control de calidad. El control también es fundamental para mantener el producto en los estándares establecidos.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realiza en la línea de calidad de la Maestría en Gestión Industrial, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el objetivo principal de diseñar un sistema de control de calidad para un bien tangible en una determinada fábrica ubicada en el área geográfica del departamento de Guatemala, específicamente en el municipio de Mixco.

Se pretende en esta investigación, diseñar o proponer un modelo de sistema de control de calidad en una fábrica de calcetas y calcetines para obtener beneficios económicos en la compañía, reflejados en los estados financieros, si en algún futuro se aplicase, que se enfocan en la disminución de desperdicios y productos de segunda calidad, satisfacción del cliente, reducción de costos significativos, entre otros, justificando de esa manera la realización de la investigación. La herramienta principal que se utilizará, es un proceso de mejora continua, conocido como *Seis Sigma*. Éste a su vez utiliza un método denominado DMAMC (Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar) que será la guía en el proceso de diseño del sistema y la secuencia general de actividades para lograr el objetivo general.

El problema recae en la variabilidad del proceso productivo, siendo un factor determinante para obtener los resultados deseados, afectando directa y negativamente las salidas del mismo, si no se llega a tener un control efectivo sobre ello. Por lo tanto, la hipótesis que se desea probar se detalla a continuación: el diseño de un sistema de control de calidad basado en la metodología de *Seis Sigma* mejorará la variabilidad en el proceso productivo en la fábrica de calcetas y calcetines.

En el primer capítulo se presentará información relevante e introductoria sobre el trabajo de investigación, incluyendo objetivos, justificación, planteamiento del problema, hipótesis y antecedentes.

En el capítulo dos se mostrará una explicación introductoria a los conocimientos teóricos sobre control de calidad, su evolución a través de los tiempos antiguos a los actuales y la importancia de dicho tema en la aplicación de la industria con fines beneficiosos para la misma.

El capítulo tres describirá métodos y técnicas incluidas en la herramienta de mejora *Seis Sigma* incluyendo su forma de aplicación concreta y los factores involucrados para su correcta implementación.

En el capítulo cuatro se detallará la forma de selección de la población, posteriormente, la selección de la muestra. La recopilación de información, así como también la herramienta para análisis de datos y métodos de evaluación también se incluirán en este capítulo.

Por último, el capítulo cinco involucrará detalladamente cada una de las fases de la herramienta DMAMC utilizada bajo la metodología *Seis Sigma*, que permitirá observar a fin de cuentas el resultado final del diseño del sistema.

2. ANTECEDENTES

El control de calidad es tan antiguo como la propia industria. Desde el momento en que el hombre comenzó a elaborar productos, es decir, a manufacturar, debió existir interés en la calidad de lo producido. En la Edad Media los gremios o hermandades de artesanos habían establecido un largo período de adiestramiento para los aprendices, y exigían que quienes trataran de convertirse en maestros de un oficio, presentaran pruebas de su aptitud y habilidad. Tales reglas estaban orientadas en parte, al mantenimiento de la calidad. En los tiempos modernos, la inspección e investigación en las fábricas, las leyes relativas a la pureza de alimentos y medicamentos y las actividades de las sociedades profesionales, han buscado durante años asegurar la buena calidad de la producción.

Por otra parte, el control estadístico de calidad es un tema nuevo. La propia ciencia estadística cuenta sólo con 2 o 3 siglos de vida, y su desarrollo más importante se ha producido durante los últimos 70 años. Sus primeras aplicaciones se llevaron a cabo en astronomía, física y en las ciencias biológicas y sociales, pero no fue sino hasta la década de los 20's, cuando la teoría estadística comenzó a ser aplicada en forma efectiva al control de calidad. Un factor del nacimiento del control estadístico de calidad en esa época, fue el desarrollo, en los años inmediatamente anteriores, de una teoría científica del muestreo.

El primero en aplicar los nuevos métodos estadísticos al problema de control de calidad fue Shewhart W., de los Bell Telephone Laboratories.

Shewhart W. (1924) en un memorando hizo el primer esbozo de un moderno “diagrama de control”. La nueva técnica fue desarrollada posteriormente en varios otros memorandos y artículos. Shewhart W. (1931) publicó un libro acerca del control estadístico de calidad, con el título de *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. Este libro fijó las normas para posteriores aplicaciones de los métodos estadísticos al control de procesos de fabricación.

H.F. Dodge y H.G. Roming (1930) de Bell System fueron los más destacados en el desarrollo de la aplicación de la teoría estadística a la inspección de muestras, siendo la culminación de su trabajo las ya bien conocidas *Sampling Inspection Tables* de Dodge – Roming. El trabajo de Shewhart, Dodge y Roming constituye la mayor parte de lo que hoy abarca la teoría del control estadístico de calidad.

La mala calidad implica una utilización deficiente de los recursos financieros y humanos, con lo que entre más deficiencias y fallas se tengan, los costos por lograr la calidad y por no tenerla serán más elevados. Así, la mala calidad no sólo trae como consecuencia clientes insatisfechos, también genera costos de calidad altos y, en consecuencia, no se puede competir en calidad ni en precio, ni mucho menos en tiempos de entrega, ya que un proceso que produce mala calidad, es errático e inestable y no se puede predecir. Por lo tanto, los costos de calidad se convierten en el argumento económico para fundamentar los esfuerzos de mejora de la calidad y la productividad en una organización.

3. OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de control de calidad, basado en la metodología de *Seis Sigma* para el producto terminado en una fábrica de calcetas y calcetines.

Específicos

1. Establecer parámetros y especificaciones de calidad del producto en el proceso de fabricación.
2. Establecer puntos críticos de evaluación en la línea de producción que recaben información de las variables a medir del producto.
3. Proponer acciones correctivas que contrarresten las variaciones presentadas en los procesos involucrados en la calidad del producto.
4. Diseñar métodos de monitoreo constante del producto en el proceso productivo que detecte cualquier variabilidad que altere la calidad en el mismo.

4. JUSTIFICACIÓN

Según Deming (1950), el control de calidad es la aplicación de principios y técnicas estadísticas en todas las etapas de producción, dirigido hacia la fabricación más económica de un producto, con utilidad máxima y que tenga un mercado. Para Juran (1954), el control de calidad es la totalidad de todos los recursos mediante los cuales establecemos y cumplimos especificaciones de calidad, con control de calidad estadístico que parte de esos recursos, para establecer y cumplir las especificaciones de calidad y que se basa en las herramientas de los métodos estadísticos.

La importancia del diseño de un sistema de control de calidad en una fábrica de calcetas y calcetines, será la elaboración del producto de una manera económica, entregándola al cliente con las especificaciones requeridas y evitando la generación de producto de segunda calidad. De esta forma, el beneficio se reflejará en la optimización de los recursos utilizados y en la reducción de costos de la organización.

La necesidad que posee la compañía de implementar un sistema de calidad para el producto final, es el motivo principal para la realización de dicha investigación, además de lo prematuro que se encuentra dicho tema en la fábrica.

Por otra parte, en la actualidad el prestigio de las instituciones se refleja parcialmente en la presencia de sistemas de calidad que atraen a más clientes, por lo que la necesidad de un sistema de este tipo es una razón fundamental para realizar la presente investigación.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los procedimientos llevados a cabo para controlar la calidad en el producto de una fábrica de calcetas y calcetines son deficientes, y no cuentan con aplicaciones técnicas ni científicas que aporten información valiosa para el mejoramiento en la gestión de la calidad del producto, surgiendo los siguientes cuestionamientos:

- ¿Qué parámetros y especificaciones del cliente se considerarán críticos para diseñar el sistema de control de calidad?
- ¿Qué puntos críticos en la línea de producción son los más aptos para recabar información acerca de las variables de medición?
- ¿Cómo se implementarán las acciones correctivas que contrarresten las variaciones presentadas en los procesos involucrados en la calidad del producto?
- ¿De qué forma se diseñarán los métodos de monitoreo continuo del proceso productivo para la detección de una variabilidad que altere la calidad del producto?

Datos históricos muestran que esporádicamente lotes de producción en cada una de las áreas de la fábrica, sobrepasan el porcentaje permisible de producto de segunda calidad, provocando pérdidas considerables en la empresa. La toma de acciones para la búsqueda de la raíz del problema que genera producto de segunda calidad, no se presenta inmediatamente, y en

ocasiones simplemente no se efectúa, abriendo las posibilidades que pueda ocurrir en el futuro.

Si el problema se ataca inmediatamente, no existe un método efectivo de monitoreo que garantice y asegure que el problema no afecte en otra ocasión.

La diversidad de criterios en el personal operativo al efectuar las operaciones en cada una de las áreas de la fábrica en la línea de producción, no permite canalizar como punto inicial un control de calidad del producto, provocando una serie de problemas que puede ser evitado con la estandarización de procedimientos operativos.

La unidad de análisis por lo tanto, es el producto terminado de la fábrica de calcetas y calcetines, que se evaluará y estudiará para diseñar adecuadamente el sistema de control de calidad durante un período considerable de 6 meses, en las mismas instalaciones de la compañía que permitirá analizar a detalle el proceso productivo completo que afecta directamente su variabilidad.

6. ALCANCES Y LIMITACIONES

La investigación se concentrará específicamente en cada uno de los procesos a lo largo de la línea de producción de la fábrica de calcetas y calcetines; que a grandes rasgos se conforman por 7 estaciones de trabajo. La propuesta en el trabajo de investigación se enfocará en mejorar la calidad del producto fabricado, y en la reducción en la generación de producto de segunda calidad, obteniendo resultados y consecuencias positivas económicas en la empresa.

Con la ejecución del proyecto se beneficiará económicamente a la compañía a través de la reducción en la variabilidad del proceso productivo que altera la calidad del producto. Un alcance descriptivo prevalecerá en este estudio, especificando propiedades, características y factores íntimamente relacionados con el producto. Posteriormente un estudio correlacional se presentará al realizar estimaciones y determinar relaciones entre variables para proyectar estados futuros en el proceso productivo.

El presente trabajo se concentrará únicamente a diseñar un sistema de control de calidad en la fábrica de calcetas y calcetines, que si en un futuro se aplicase, implicaría beneficios principalmente económicos a la empresa.

La obtención de información acerca de requerimientos y especificaciones en los productos y factores inherentes a los procesos en la línea de producción que afectan la calidad del mismo es una limitación importante, debido a su complejidad, escasa información oficial y documentada.

7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

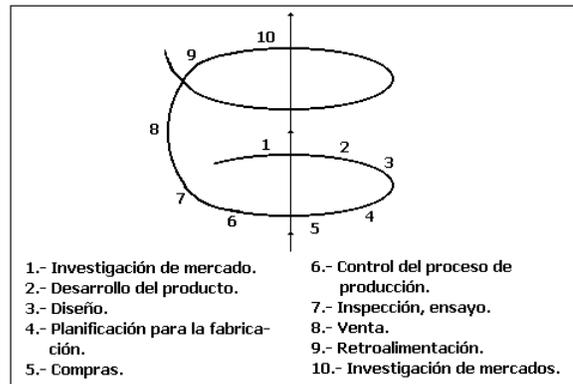
En la industria es común utilizar el concepto de calidad, el cual posee diferentes significados, dependiendo del enfoque que se utilice. La calidad consiste en aquellas características inherentes del producto que permite satisfacer las necesidades del cliente. La calidad también consiste en productos y procesos libres de deficiencias.

Para contextualizar y mejorar el concepto de calidad se pueden mencionar algunas palabras clave que se relacionan directamente con el término, tales como producto, bienes, servicio y características del producto.

La función de calidad, es el conjunto de actividades que permiten asegurar la calidad del producto para lograr la satisfacción en el cliente. La espiral del progreso de Juran en la calidad, muestra la progresión típica de actividades que se llevan a cabo en compañías industriales.

La figura 1, es una ilustración de esta espiral. Una función de calidad en toda la compañía surge del hecho de que la calidad del producto resulta del trabajo de todos los departamentos en torno a la espiral. Cada uno de esos departamentos no sólo tiene la responsabilidad de realizar su función especial sino que también tiene la responsabilidad de hacer su trabajo correctamente, hacer que sus productos cumplan su función. De esta manera, cada departamento tiene una actividad enfocada hacia la calidad para llevarla a cabo junto con su función principal. Juntos logran la satisfacción del cliente.

Figura 1. **Espiral del progreso en la calidad**

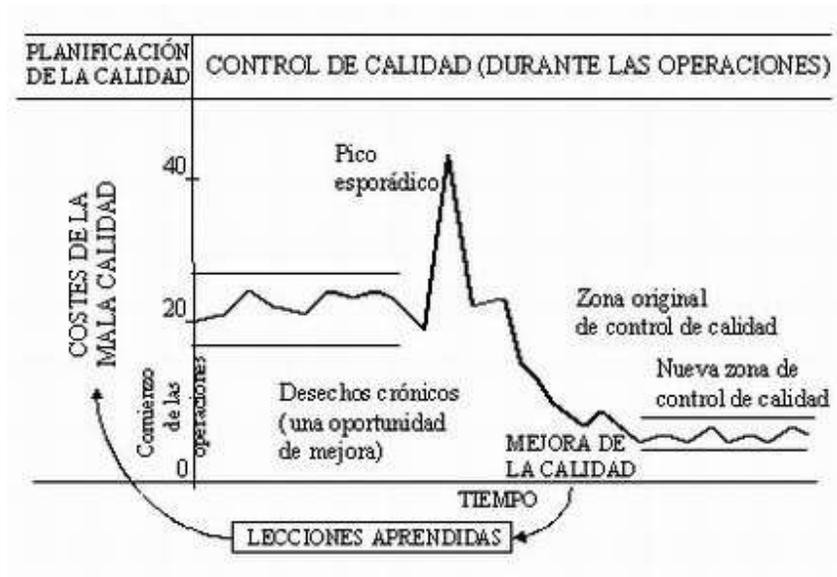


Fuente: http://www.oocities.org/sundevil_rvh/calidad1.htm. Consulta: 29 de enero de 2013.

La administración de la calidad se lleva a cabo mediante el uso de 3 procesos gerenciales; de planeación, control y perfeccionamiento, que Juran llama la trilogía de calidad. La planeación consiste en desarrollar actividades y operaciones para elaborar los productos que satisfagan las necesidades del cliente. El control de calidad lo utilizan las fuerzas de operación y utiliza la retroalimentación para generar información y tomar decisiones. El perfeccionamiento tiene como objetivo lograr niveles de desempeño sin precedentes y significativamente mejores que cualquier nivel en el pasado.

Los 3 procesos de la trilogía de calidad están interrelacionados. La figura 2 muestra esta relación. La trilogía de Juran, es una gráfica que muestra el tiempo sobre el eje horizontal y el costo de una mala calidad (deficiencias en la calidad). Los planificadores determinan quiénes son los clientes y cuáles son sus necesidades. En seguida desarrollan diseños de productos y procesos capaces de responder a esas necesidades y, por último, entregan los planes a las fuerzas de operación.

Figura 2. Diagrama de trilogía de Juran



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos76/joseph-juran/joseph-juran2.shtml>. Consulta: 02 de febrero de 2013.

El control de calidad en línea, se define como una serie de actividades que se aplican durante la producción misma de un artículo, a fin de asegurar la reducción de las variaciones entre los productos y el que se obtengan las características de calidad deseadas a un costo mínimo. Estas actividades pueden incluir, aunque no se limitan a la inspección y el muestreo del producto, el diagnóstico del proceso, el ajuste de los parámetros del proceso, el seguimiento de los parámetros del proceso, la interrupción y el reabastecimiento del proceso, así como los controles del proceso de retroalimentación y de regulación anticipada (Hodson, W. Maynard Manual del Ingeniero Industrial Tomo II, 1989).

Por ejemplo, en la manufactura de partes discretas, un sistema ideal de control de calidad en línea, mide las dimensiones de la pieza mientras que la

herramienta la corta, y los resultados de la medición en el momento del corte, retroalimentan a los controles de la maquinaria con ajuste automático de la posición de la herramienta de corte, tomando en consideración los efectos de la temperatura, de la distorsión de las abrazaderas, del desgaste de las herramientas y de la vibración.

Los diversos parámetros del proceso, que incluyen temperatura de planchado, tipo de empaque, cantidad de agujas a utilizar en el tejido, entre otros, afectan directamente en la calidad del producto. En el ejemplo de maquinado, los parámetros del proceso, son la alimentación y la velocidad de corte, la profundidad del mismo y el material por cortarse, mientras que en el proceso de extracción de fibra óptica, los parámetros llegan a incluir la velocidad de la extracción, la temperatura del material fundido y el material del que se extrae la fibra. La medición y el control de la concentración del recubrimiento de la fibra son características de calidad importantes que pueden lograrse mediante un sistema de control de calidad en línea.

Aunque el objetivo principal de los sistemas de control de calidad en línea y fuera de línea recae en reducir la variación en los productos y procesos, no la eliminan, por supuesto. Ello se debe a que las distintas causas de las variaciones son difíciles, si no imposibles, de eliminar.

Los factores que causan la desviación de una característica funcional de un producto de su valor (propuesto o esperado) nominal especificado, se denominan factores de ruido y se clasifican como sigue:

- Factores externos
 - Variaciones en el medio de operación distintas a las condiciones de diseño; por ejemplo temperatura, humedad, vibraciones y fluctuaciones en el voltaje.
 - Errores humanos: el uso inapropiado del producto, debido a los errores humanos pueden hacer que las características del producto se desvíe de su valor esperado (nominal).

- Defectos mayores
 - Imperfecciones de manufactura: la falta de uniformidad del material del producto, constituye una causa importante de imperfecciones de manufactura. A menudo este factor, ha llevado a los diseñadores a introducir factores de seguridad en sus diseños. Las imperfecciones de manufactura también pueden atribuirse al control inadecuado del proceso de manufactura.
 - Deterioro del producto: los productos se deterioran (las características de calidad se apartan de los valores esperados) con el paso del tiempo y la consecuencia del medio. Como ejemplos de deterioro del producto, pueden citarse: una mayor resistencia en un resistor, la pérdida de elasticidad de un resorte, un cambio de tonalidades en las superficies pintadas y cambios en las propiedades de los productos plásticos con el paso del tiempo. En general, el deterioro de los productos puede atribuirse a uno o más efectos deteriorantes, como la fuerza, el tiempo, la temperatura o el medio reactivo.

Debe anticiparse alguna variación en los productos y procesos. Estas variaciones pueden reducirse con métodos apropiados de control de calidad en línea y fuera de línea.

7.1. Capacidad del proceso y variación del producto

En un ambiente de manufactura típico, la capacidad del proceso para producir artículos que se conforman a los límites especificados, se determina de antemano (durante el diseño del proceso y la experimentación fundamental base) y, cuando es factible, se obtiene información preliminar en cuanto al grado de variación con respecto a los valores nominales (valores meta) específicos. Los estudios de capacidad del proceso a través de herramientas estadísticas, proporcionan un medio comprobado para lograr estos objetivos. Estos estudios también se emplean para vigilar los procesos contra cambios o desviaciones repentinas (Hodson, W. Maynard Manual del Ingeniero Industrial Tomo II, 1989).

Antes de describir los métodos para evaluar la capacidad del proceso, se introducen las siguientes definiciones:

Proceso: es una combinación de máquinas, herramientas, métodos materiales y personal empleados para alcanzar la calidad y cantidad deseadas de un producto o servicio.

Capacidad del proceso: es una evaluación de la precisión y de la exactitud inherentes del proceso; la capacidad de desempeño de calidad del proceso bajo condiciones de control específicas.

7.2. Capacidad del proceso y el índice de capacidad del proceso

El estudio de la capacidad del proceso, es la comparación entre el rendimiento del proceso real y las especificaciones de ingeniería de la pieza que se produce o se ensambla. Una medida de la variación provocada por las imperfecciones de la manufactura puede considerarse como la capacidad del proceso.

La capacidad del proceso se define como las 6 desviaciones estándar que infieren el 99,73 por ciento de todas las lecturas para que una distribución normal caiga dentro del área limitada por 3 desviaciones estándar de la media. Por lo tanto, un estudio de capacidad del proceso, matemáticamente constituye un análisis de distribución de frecuencias bien organizado y disciplinado de la característica funcional del producto, de acuerdo a la propuesta.

El índice C_p de acuerdo a la definición anterior, se emplea como una medida cuantitativa de la variación del proceso en torno al valor esperado (nominal o deseado).

El valor del índice C_p , es una medida de la capacidad del proceso. Entre mayor sea el valor de C_p , mayor será la capacidad del proceso para producir artículo cuyas características se acerquen más a sus valores esperados, y menor será la proporción de productos fuera de tolerancia.

Un proceso con valores de C_p lo suficientemente altos, elimina las piezas defectuosas y la necesidad de inspección, evitando, como consecuencia, casi todos los costos asociados con la inspección, los desperdicios y las repeticiones del trabajo.

Por ejemplo, si el índice de capacidad de un proceso es igual a 2 (suponiendo que las observaciones siguen una distribución normal y que el valor meta es el promedio de la distribución) la incidencia de defectos del proceso es de 0,000000002 por ciento o 2 partes por cada mil millones (ppb). Esto se obtiene como sigue: ya que $C_p = 2$, la probabilidad de que $X - m \geq 6\sigma$ o $X - m \leq -6\sigma$ representa la proporción de la producción que cae fuera de los límites de tolerancia; esto es, $P(X \geq m + 6\sigma \text{ o } X \leq m - 6\sigma)$, donde X es una variable aleatoria, denota las medidas.

La proporción de un producto fuera de tolerancia sobre el límite superior, se obtiene encontrando el valor de Z , la variable nominal estándar aleatoria con una medida igual a cero y una desviación estándar igual a uno (Albin, S. Maynard Manual del Ingeniero Industrial Tomo II Sección 11, 1989).

7.3. Índice de capacidad superior o inferior

El índice de capacidad superior e inferior C_{pk} se utiliza cuando los límites de especificación no son simétricos en torno al valor meta. Considere la situación de tolerancia unilateral en la que sólo se da el límite de especificación superior (Elsayed E. Maynard Manual del Ingeniero Industrial Tomo II Sección 11, 1989).

7.4 Control estadístico del proceso

El instrumento clave del control estadístico del proceso (SPC por sus siglas en inglés) es la gráfica de control inventada por Walter Shewhart, en la década de 1920 (Huizenga T. Maynard Manual del Ingeniero Industrial Tomo II Sección 11, 1989). Esta tiene como propósito alertar a los operadores e ingenieros sobre los cambios en el proceso de manufactura.

En momentos determinados, se toma una muestra de mediciones del producto o del proceso de manufactura, y se calcula un parámetro estadístico de la muestra de estas mediciones, un promedio o fracción defectuosa, por ejemplo. El parámetro estadístico de la muestra se traza en una gráfica en la que el eje y , es el parámetro estadístico de la muestra y el eje x , es alguna medida de tiempo, hora del día o tamaño del lote, por ejemplo.

Si el parámetro estadístico de la muestra queda fuera de una banda definida por los límites de control superior e inferior, significa que ha ocurrido un cambio en el proceso de manufactura, de modo que los ingenieros y los operadores deberán identificar y corregir los problemas.

7.5 Gráficas de control para atributos y variables

Las gráficas de control se clasifican ya sea como de atributos o de variables. En las gráficas de atributos, entre ellas la gráfica P, la gráfica C y la gráfica U, los datos son números enteros, como el número de defectos o de piezas defectuosas. Una pieza defectuosa es inaceptable; en tanto que una pieza con uno o varios defectos, como una superficie pintada que muestre unas cuantas burbujas pequeñas, puede aceptarse perfectamente. En las gráficas de variables, tales como la gráfica \bar{x} y la gráfica R, los datos son; por ejemplo, mediciones continuas de una dimensión.

Cuando se cuentan las piezas defectuosas o los defectos para las gráficas de atributos, a menudo, es posible notar la razón por la que un artículo es defectuoso o el tipo de defecto que se presentó. Entonces, puede construirse una gráfica de Pareto para identificar los tipos de defectos más importantes; asimismo, puede emplearse un diagrama de espina de pescado para rastrear las causas de los defectos.

7.6 Seis Sigma

Según Gutiérrez (2001), es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; esto lleva a encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, tomando como punto de referencia en todo momento a los clientes y sus necesidades. Esta estrategia se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa, y orientada a la mejora de la calidad del producto o del proceso.

Tiene 3 áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. La meta de 6σ , que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad Seis Sigma, es decir, procesos que como máximo generan 3,4 defectos por millón de oportunidades de error. Este objetivo se alcanza mediante un programa vigoroso de mejora, diseñado e impulsado por la alta dirección de una organización. La clave está en desarrollar proyectos 6σ con el propósito de lograr mejoras y remover defectos y retrasos de los productos, procesos y transacciones. La metodología en la que se apoya Seis Sigma, está definida fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico.

Se introdujo Seis Sigma por primera vez en 1987, en Motorola, por un equipo de directivos encabezado por el presidente de la compañía Bob Galvin, con la intención de reducir los defectos de productos electrónicos. Además de Motorola, 2 organizaciones más que contribuyeron a consolidar la estrategia Seis Sigma y su herramienta son Allied Signal, que inició su programa en 1994, y General Electric (GE), que empezó en 1995. Un factor decisivo de su éxito fue que sus presidentes, Larry Bossidy y Jack Welch, respectivamente, encabezaron de manera entusiasta y firme el programa en sus empresas. En

Latinoamérica, Mabe es una de las organizaciones que ha logrado conformar uno de los programas Seis Sigma más exitoso (Hahn *et al.*, 2000, y Harry, 1998).

Una de las características clave de Seis Sigma, es buscar que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (en cantidad o volumen, calidad, tiempo y servicio) y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad Seis Sigma (6σ). De aquí que al desarrollar la estrategia 6σ en una empresa, se tenga que profundizar en el entendimiento del cliente y sus necesidades, y para responder a ello, hay que revisar críticamente los procesos de la compañía. A partir de aquí se deben establecer prioridades y trabajar para desarrollar nuevos conceptos, procesos, productos y servicios que atiendan y excedan las expectativas del cliente.

Los datos y el pensamiento estadístico, orientan los esfuerzos en la estrategia 6σ , pues gracias a ellos se identifican las Variables Críticas de la Calidad (VCC) y los procesos o áreas a mejorar. Las mejoras en calidad no pueden implementarse al azar; por el contrario, se debe asignar el apoyo a los proyectos cuando a través de datos es posible demostrar que con la ejecución del proyecto el cliente percibirá la diferencia.

Los datos por sí solos no resuelven los problemas del cliente y del negocio, por ello es necesaria una metodología. En 6σ los proyectos se desarrollan en forma rigurosa con la metodología de cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAMC, en inglés DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve and Control).

- Definir: el problema (VCC) y señalar cómo afecta al cliente para precisar los beneficios esperados del proceso.
- Medir: las VCC, verificar que pueden medir bien y determinar la situación actual.
- Analizar: identificar las causas raíz, cómo se genera el problema y confirmar las causas con datos.
- Mejorar: evaluar e implementar soluciones, asegurándose que se reducen los defectos.
- Controlar: diseñar un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlas las X vitales), y cerrar el proyecto.

Un aspecto que ha caracterizado a los programas Seis Sigma exitosos, es que los proyectos DMAMC realmente logran ahorros y/o incrementos en ventas. Esto implica varias cosas: se seleccionan proyectos clave que realmente atiendan las causas de los problemas, se generan soluciones de fondo y duraderas y se tiene un buen sistema para evaluar los logros de los proyectos. Esto tiene que ser así porque es sabido que la mala calidad y el bajo desempeño de los procesos generan altos costos de calidad.

La tabla I relaciona el nivel de sigmas de un proceso con los costos de calidad como porcentaje de las ventas de una empresa. Queda claro con esta tabla que la mala calidad cuesta, y cuesta mucho, por lo que el reto de un programa 6σ , es impactar estos costos, realizando proyectos que realmente generen resultados (Gutiérrez, H. Calidad Total y Productividad, 2001).

Tabla I. **Nivel Seis Sigma vrs costo de calidad**

Nivel de Sigmas (corto plazo)	Rendimiento del proceso (largo plazo)	PPM	Costos de calidad como % de las ventas
1	30,90%	690 000	NA
2	69,29%	308 000	NA
3	93,30%	66 800	25-40%
4	99,40%	6 210	15-25%
5	99,98%	320	5-15%
6	99,9997%	3,4	≤ 5%

Fuente: elaboración propia. Microsoft Excel 2007.

En 6σ , la capacidad o nivel de calidad de un proceso con una característica de calidad de tipo continuo que tiene especificaciones, se suele medir mediante el índice Z, el cual consiste en calcular la distancia entre las especificaciones y la media μ del proceso en unidades de la desviación estándar, σ . En específico, para un proceso con doble especificación se tiene Z superior, Z_s y Z inferior, Z_i definidos de la manera siguiente:

$$Z_s = \frac{ES - \mu}{\sigma} \text{ y } Z_i = \frac{\mu - ES}{\sigma}$$

La capacidad de un proceso medida en términos del índice Z, es igual al valor más pequeño de entre Z_s y Z_i , es decir:

$$Z = \text{mínimo} (Z_s, Z_i)$$

8. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Hi: el diseño de un sistema de control de calidad basado en la metodología Seis Sigma para el producto terminado en una fábrica de calcetas y calcetines beneficiaría económicamente a la empresa.

Ho: el diseño de un sistema de control de calidad basado en la metodología Seis Sigma para el producto terminado en una fábrica de calcetas y calcetines no beneficiaría económicamente a la empresa.

- Variable independiente
 - Requerimientos del cliente

- Indicadores
 - Vida útil del producto
 - Precio

- Variable dependiente
 - Largo del puño
 - Largo de pierna
 - Largo de talón
 - Largo de pie
 - Ancho de pierna

9. CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Descripción del problema
- 1.2. Antecedentes
- 1.3. Justificación
- 1.4. Objetivos
- 1.5. Hipótesis

2. CONTROLES ESTADÍSTICOS DE LA CALIDAD

- 2.1. Historia reciente del movimiento por la calidad
- 2.2. Etapa de la inspección
- 2.3. Etapa del control estadístico de la calidad
- 2.4. Etapa del aseguramiento de la calidad
- 2.5. Etapa de la administración de la calidad total
- 2.6. Etapa de reestructurar las organizaciones
- 2.7. Calidad y productividad
- 2.8. Costos de calidad

3. SEIS SIGMA

- 3.1. Antecedentes de Seis Sigma
- 3.2. Características de Seis Sigma

- 3.3. Etapas de un proyecto de Seis Sigma
 - 3.3.1. Definir el proyecto (D)
 - 3.3.2. Medir la situación actual (M)
 - 3.3.3. Analizar la causa raíz (A)
 - 3.3.4. Mejorar (M)
 - 3.3.5. Controlar para mantener la mejora (C)

- 4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
 - 4.1. Población
 - 4.2. Muestra
 - 4.3. Estrategia
 - 4.4. Métodos para la recopilación de información
 - 4.5. Métodos y técnicas para el análisis de información

- 5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD
 - 5.1. Fase de definición
 - 5.1.1. Definición de las necesidades del cliente
 - 5.1.2. Cuantificación de la meta
 - 5.1.3. Costos de calidad
 - 5.2. Fase de medición
 - 5.2.1. Medida del rendimiento actual
 - 5.2.2. Análisis gráfico y diagrama de Pareto
 - 5.2.3. Estratificación de datos
 - 5.2.4. Validación de los sistemas de medida
 - 5.2.5. Distribución normal y otros patrones de distribución
 - 5.2.6. Estudios de capacidad del proceso
 - 5.3. Fase de análisis
 - 5.3.1. Análisis del estado actual
 - 5.3.2. Análisis gráfico

- 5.3.3. Diagrama de correlación
- 5.3.4. Análisis multivariado
- 5.3.5. Diseño de experimentos
- 5.3.6. Análisis de regresión
- 5.3.7. Pruebas de hipótesis
- 5.3.8. Anovas
- 5.3.9. Pruebas de normalidad
- 5.4. Fase de mejora
 - 5.4.1. Mejora de procesos mediante Seis Sigma
 - 5.4.2. Diseño de experimentos
- 5.5. Fase de control
 - 5.5.1. Diseño y rediseño de procesos mediante Seis Sigma
 - 5.5.2. Gráficos de control
 - 5.5.3. Extrapolación del proyecto

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

10. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Para cubrir los objetivos fijados en la investigación, se utilizará un método no experimental transeccional descriptivo que indagará la incidencia de las modalidades o variables que se estudiarán de la población en momentos específicos.

La selección de la muestra se realizará de forma probabilística por medio de tipo aleatorio simple, ya que en base a los objetivos y al diseño de la investigación (método no experimental transeccional descriptivo), se debe lograr conocer la variabilidad de la unidad de análisis productiva a través de una muestra representativa que permita extrapolar sus características a la población. El universo de estudio, en este caso especial, se enfoca en los productos elaborados en la fábrica que requiere que cumpla con ciertas especificaciones. Los elementos o unidades de análisis se enfocan en los productos de exportación al cliente mayormente potencial que posee la organización. La selección de la muestra por cada lote de producción que se analizará se efectuará con un error máximo aceptable del 5 por ciento y un nivel deseado, por lo tanto, de 95 por ciento.

$$\bar{p} \pm 1.96 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{nm}}$$

Donde:

$$\bar{p} = \left(\sum_{i=1}^n X_j \right) / mn$$

m = número de muestras

n = tamaño de muestras

X_j = unidades observadas

$$n \geq 3^2(1 - \bar{p})/\bar{p}$$

Tabla II. **Estrategia y metodología de la investigación**

Etapa del Proyecto	Técnicas de Recopilación de Información	Técnicas de Análisis y Tratamiento de la Información	Resultados
Establecimiento de parámetros y especificaciones del producto según requerimientos del cliente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de Manuales de Calidad ▪ Encuestas Entrevistas a clientes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual de Calidad 	Conocer las especificaciones y requerimientos del cliente.
Determinación de puntos críticos en la línea de producción para recabar información	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis del proceso de producción ▪ Entrevistas a supervisores y operarios 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diagrama de Operaciones ▪ Diagrama de Flujo ▪ Diagrama de Recorrido 	Puntos clave de obtención de información valiosa y confiable.
Análisis de la situación actual respecto a las variables estudiadas del producto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hojas de Registro de Calidad 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gráficos de Control ▪ Índices de Capacidad de Procesos 	Cocimiento de la variabilidad del producto en el proceso productivo.
Proposición de un sistema de control de calidad bajo la metodología Seis Sigma para el producto terminado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resultados de etapa anterior ▪ Encuestas, entrevistas. ▪ Marco teórico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Método DMAIC; definición, medición, análisis, mejora y control 	Obtención de un sistema de control de calidad del producto que permita cumplir con especificaciones.

Fuente: elaboración propia. Microsoft Excel 2007.

El alcance de la investigación está enfocado exclusivamente a los productos de exportación de la fábrica de calcetas y calcetines ubicada en Mixco de la ciudad de Guatemala. Se analizarán las variables fundamentales del producto, en base a los requerimientos del cliente.

- Instrumentos

Método DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) que será la guía para cumplir con el objetivo general de la investigación. Ciclo de mejora orientado a datos, utilizado para mejorar, optimizar y estabilizar los procesos de negocio y diseño. Define un problema o una oportunidad de mejora. Mide el desempeño de los procesos. Analiza el proceso para determinar las causas de los malos resultados y determina si el proceso puede ser mejorado o debería ser rediseñado. Mejora el proceso, atacando las causas fundamentales. Controla el proceso mejorado para mantener las ganancias.

- Técnicas de análisis de información

- Diagrama de correlación que como una herramienta gráfica permitirá demostrar la relación existente entre dos clases de datos y cuantificar la intensidad de dicha relación.
- Análisis mutivariado que como método estadístico se centrará en la investigación simultánea de dos o más características (variables) medidas en un conjunto de objetos (sujetos, individuos).
- Análisis de regresión que consistirá en emplear métodos que permitan determinar la mejor relación funcional entre dos o más variables concomitantes (o relacionadas).
- Diagramas de flujo que representan gráficamente el proceso productivo. A través de éstos se determinarán los puntos críticos

para recabar la información clave de los factores y especificaciones requeridos por el cliente.

- Diagrama de Pareto que será útil para determinar las causas principales de los malos resultados en el proceso productivo que afecta la variabilidad del mismo y atacarlos en la fase de mejoramiento en el método DMAMC.
- Gráficos de control que mostrarán el estado del proceso productivo actual para su posterior análisis dentro del método DMAMC. Útil también para el monitoreo continuo en la fase de control.
- Índices de capacidad de proceso que determinarán el estado actual del proceso productivo para su posterior análisis. Instrumento, herramienta o indicador que mostrará el estado del proceso productivo posterior a implementar las mejoras a través de acciones correctivas.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla III. Cronograma de actividades

Nombre de tarea		3er trimestre	4º trimestre	1er trimestre	2º trimestre	3er trimestre
		07 '12 08 '12 09 '12	10 '12 11 '12 12 '12	01 '13 02 '13 03 '13	04 '13 05 '13 06 '13	07 '13 08 '13 09 '13
1	DEFINIR TEMA	■				
2	REVISIÓN TEMA	■				
3	DEFINICIÓN PROBLEMA	■				
4	HIPÓTESIS Y ANTECEDENTES	■				
5	REVISIÓN ANTEPROYECTO	■				
6	CORRECCIONES SUGERIDAS	■				
7	REVISIÓN ANTEPROYECTO	■				
8	CORRECCIONES SUGERIDAS	■				
9	ENTREGA DE ANTEPROYECTO	■				
10	APROBACIÓN DE TEMA		■			
11	CORRECCIONES SUGERIDAS		■			
12	APROBACIÓN PROTOCOLO		■			
13	MARCO TEÓRICO		■			
14	REVISIÓN MARCO TEÓRICO		■			
15	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN		■			
16	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		■			
17	REVISIÓN LINGÜÍSTICA		■			
18	REVISIÓN FINAL		■			

Fuente: elaboración propia. Microsoft Project 2007.

12. RECURSOS

Tabla IV. Recursos necesarios

RECURSOS HUMANOS	COSTO TOTAL	
ASESOR	Q	2 500,00
SUPERVISORES	Q	2 400,00
TOTAL	Q	4 900,00

MATERIALES E INSUMOS	COSTO TOTAL	
BALANZA	Q	2 750,00
PAPELERÍA	Q	500,00
EQUIPO DE COMPUTO	Q	5 000,00
LIBRO "LAS CLAVES DE SEIS SIGMA"	Q	375,00
TOTAL	Q	8 625,00

Fuente: elaboración propia. Microsoft Excel 2007.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, N.A., *Instrumentation for Process Measurement and Control*, Chilton Book, Radnor, Pennsylvania, 1980.
2. Banks, J., *Principios del Control de Calidad*, Wiley, New York, 1989.
3. Barkman, W. A., *Control de Calidad para manufactura en línea*, Marcel Dekker, New York, 1989.
4. Deming, W., *Elementary Principles of the Statistical Control of Quality*, rev. 2d ed., JUSE, Tokyo, Junio 1952, p. 3.
5. Duncan, A. J., *Control de Calidad y Estadística Industrial*, 4th ed., Richard D. Irwin, Homewood, 1974.
6. Duncan, A. *Control de Calidad y Estadística Industrial*. 5ta ed. México. Ediciones Alfaomega, S.A. de C.V. 1989. Págs.: 1-2.
7. Grant, E. L. y R. S. Leavenworth, *Control Estadístico de Calidad*, 6th ed., McGraw-Hill, New York, 1988.
8. Gutiérrez, H. *Calidad total y Productividad*. Tercera ed. México. McGraw Hill. 1997. Págs.: 10-16, 19-24, 279-296.
9. Gutiérrez H. y De la Vara R. *Control estadístico de calidad y Seis Sigma*. 2da. ed. México. McGraw-Hill. 2009.

10. Hodson W. *Maynard Manual del Ingeniero Industrial Tomo II*. Cuarta edición. México. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. 1996. Págs.: 11.39-11.89.
11. Ishikawa, K., *What is Total Quality Control? The Japanese Way*, translated by David J. Lu, Prentice Hall, Cliffs, N.J., copyright © 1985, p. 7.
12. *Japanese Industrial Standard: Glossary of Terms Used in Quality Control (JISZ 8101)* 1981, preparado por Japanese Industrial Standards Committee, Tokyo, Japanese Standards Association, p. 2.
13. Johnson, C. D., *Tecnología e Instrumentación para control de procesos*, Wiley, New York, 1988.
14. Juran, J. M., *Planning and Practices in Quality Control – Lectures on Quality Control*, JUSE, Tokyo, Julio – Agosto 1954, lectura 1, p. 2.
15. Juran, J. M., y F. M. Gryna, Jr., *Análisis y Planificación de la calidad*, 2ª ed., McGraw Hill, New York, 1980.
16. Juran, J.M. y F.M. Gryna, *Juran's Quality Control Handbook*, 3d ed., McGraw-Hill, New York, 1974, sec. 2, p. 11.
17. Kane, V. E., “*Indicadores de confiabilidad para procesos*”, Jornada de Tecnología de Calidad, vol. 18, 1986, p. 41.

18. Montgomery, D. C. *Introducción al Control Estadístico de la calidad*, Wiley, New York, 1985.
19. Schiling, E. *Acceptance Sampling in Quality Control*, 2da. Ed. Nueva York. Marcel – Decker. 2009.
20. Sullivan, L. P., “*Reduciendo la variabilidad: Una nueva ventaja de la calidad*” vol. 17, 1984, p. 15.

