

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN

**DISEÑO E IMPLANTACIÓN DEL MÉTODO SEIS SIGMA AL
PROCESO DE TREFILACIÓN DE LANA DE ACERO PARA LA
COMPAÑÍA DIMABRU CÍA. LTDA.**

DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TITULO DE
INGENIERO DE LA PRODUCCIÓN.

BRUNO JOSUÉ PACHECO RAMÓN

Quito - 2007

DIRECTOR DE DISERTACION:

Ingeniero Juan Eduardo Eduardez

INFORMANTES:

Ingeniero Jaime Naranjo

Dedicatoria

A mi padre por ser un compañero y amigo que inculcó en mí un espíritu emprendedor para superar los obstáculos de la vida y mirar siempre hacia nuevos horizontes, por su dedicación y ejemplo de una vida llena de logros, satisfacciones y triunfos.

A mi madre por guiarme por un camino lleno de bondad y espiritualidad depositando confianza incondicional en mi vida, por ayudarme a ser una mejor persona con el cariño y amor que solo una madre puede entregar a un hijo.

Bruno Josué Pacheco R.

Agradecimiento

A la universidad de las Américas por haber sembrado día a día en mí un valioso deseo de superación, generando confianza para emprender en nuevas metas.

A mi profesor guía que al igual que todos mis profesores, por todos los consejos y enseñanzas que inculcaron en mí.

A todo el personal de DIMABRU Cía. Ltda. en especial a planta de producción que colaboraron para la realización de esta tesis con mucho énfasis y apoyo.

Bruno Josué Pacheco R.

Índice

	Páginas
Índice	V
Resumen ejecutivo	IX
Introducción	XII
Capítulo 1	
Introducción a la calidad Seis Sigma	
1.1 Evolución del concepto de calidad	1
1.2 Calidad total	5
1.2.1 El control de la calidad	8
1.2.2 Tipos de acción de Calidad	9
1.2.3 Progreso del significado de la calidad	10
1.2.4 Importancia de la calidad	12
1.3 Seis Sigma	13
1.3.1 Introducción	13
1.3.2 Definición Seis Sigma	14
1.3.3 ¿Qué implica seis sigma?	17
1.3.4 Las tres presiones externas	18
1.3.5 Las siete metamorfosis	19
1.3.6 Nivel de desempeño seis sigma	22
1.3.7 ¿Cómo se determina el nivel de Sigma?	23
1.3.8 Método de Resolución de Problemas	25
1.3.8.1 Definir el problema	26
1.3.8.2 Medir	26
1.3.8.3 Analizar	26
1.3.8.4 Mejorar	27
1.3.8.5 Controlar	27
1.3.9 Claves del DMAMC	28
1.3.10 Cinturones y Líderes	29
1.4 Casos exitosos en la implantación de Seis Sigma	31
1.4.1 Mejora de procesos	32
1.4.2 Mejora de productos	32
1.4.3 Solución de problemas	33
1.4.4 Fracaso de seis sigma	33
1.4.5 Diez mitos seis sigma	34
1.4.6 Necesidad del nivel 6 Sigma	34
1.5 Las razones que justifican la decisión estratégica de adoptar seis sigma	35
1.5.1 Aplicación de seis sigma	38
1.5.2 Cero incremento del personal	38
1.5.3 Vencer resistencias y ganar aliados	39
Capítulo 2	
Evaluación del sistema actual	
2.1 Análisis del Entorno	40
2.1.1 Entorno Macroeconómico	40
2.1.1.1 Factores Políticos	40

Ingeniería de la Producción

2.1.1.2	Factores económicos	41
2.1.1.3	Factores Sociales	42
2.1.1.4	Factores tecnológicos	43
2.1.1.5	Factores ambientales	43
2.1.1.6	Factores culturales	44
2.1.1.7	Factores legales	44
2.1.2	Análisis del microentorno	45
2.1.2.1	La empresa DIMABRU Cía. Ltda.	45
2.1.2.2	Misión	47
2.1.2.3	Visión	47
2.1.2.4	Principales actividades de la empresa	47
2.1.2.5	Principales productos de la empresa	48
2.1.2.6	Sus Clientes	49
2.1.2.7	Proveedores	49
2.1.2.8	Competencia	50
2.2	Orientación del producto	51
2.2.1	Principales usos del producto	53
2.2.2	¿Cuanto producto se oferta?	54
2.2.3	¿Que espera el cliente?	54
2.2.4	Duración de la esponjilla metálica	54
2.2.5	Cualidades de la esponjilla	54
2.2.6	Tiempo de uso	55
2.2.7	Costo para una familia	55
2.2.8	Nuevas tendencias del producto	55
2.2.9	Peligros del producto	55

Capítulo 3

Diseño y preparación para la implantación seis sigma

3.1	Compromiso de la dirección y personas involucradas en el proceso	56
3.2	Recursos necesarios para la implantación	56
3.2.1	Recurso Humano	56
3.2.2	Recursos tecnológicos	57
3.2.3	Materiales	58
3.3	Planificación Gantt	58
3.4	Programa de mejoras	59
3.4.1	La calidad puertas adentro "9'S de calidad"	59
3.4.1.1	Pilares de la calidad	59
3.4.1.2	Seiri (Ordenar o Clasificar)	61
3.4.1.3	Seiton (Organizar)	61
3.4.1.4	Seiso (Limpieza o Pulcritud)	62
3.4.1.5	Seiketsu (Bienestar Personal O Equilibrio)	62
3.4.1.6	Shitsuke (Disciplina)	62
3.4.1.7	Shikari (Constancia)	63
3.4.1.8	Shitsukoku (Compromiso)	63
3.4.1.9	Seishoo (Coordinación)	64
3.4.1.10	Seido	64
3.4.1.11	Beneficios	64
3.4.2	Impresiones de los empleados después de las mejoras	65
3.5	Herramientas para la mejora de procesos	67
3.5.1	Método de resolución de problemas DMAMC	67

3.5.2	El árbol critico para la calidad (Etapa definir)	69
3.5.3	Diagrama del proceso (Etapa Medir)	69
3.5.4	Histogramas (Etapa Analizar)	69
3.5.5	Diagrama de Pareto (Etapa Analizar)	69
3.5.6	Diagrama Causa Efecto (Etapa Analizar)	70
3.5.7	Diagrama de dispersión (Etapa Controlar)	70
3.5.8	Limites de control (Etapa Controlar)	70

Capitulo 4

Implantación de seis sigma en DIMABRU Cía. Ltda.

4.1	Etapa definir	82
4.1.1	Búsqueda de necesidades del cliente	71
4.1.2	Diagrama del proceso	74
4.1.3	Mapeo del proceso general	74
4.1.4	Identificación y selección de proyectos	79
4.1.5	Preparación del equipo humano de control	80
4.1.6	Estrategia de implantación	81
4.2	Etapa medir	82
4.2.1	Medir el proceso o producto	82
4.2.2	Muestreo	82
4.2.3	Tamaño de la muestra	82
4.2.4	Tipo de datos	83
4.2.5	Definiciones del operador	84
4.2.6	Parámetros a controlar	84
4.3	Medición seis sigma	85
4.3.1	Lana de acero (Primer puesto de control)	85
4.3.1.1	Puntos y variables críticas de la calidad en el producto lana de acero	85
4.3.1.2	Plan de recolección de datos de lana de acero	87
4.3.1.3	Tipo de medición para lana de acero	88
4.3.1.4	Cuadro guía para el control de la calidad de lana de acero	89
4.3.1.5	Formularios para recoger los datos discretos	89
4.3.1.6	Ejecución del plan primer puesto de control	90
4.3.1.7	Medición de lana de acero	91
4.3.2	Esponjilla (Segundo puesto de control)	93
4.3.2.1	Puntos y variables críticas de la calidad en el producto esponjilla	93
4.3.2.2	Plan de recolección de datos de esponjilla	95
4.3.2.3	Cuadro guía para el control del producto (Esponjilla)	95
4.3.2.4	Formularios para recoger los datos continuos (Variables)	96
4.3.2.5	Ejecución del plan segundo puesto de control	97
4.3.2.6	Medición para esponjilla de acero	97
4.3.2.7	Otras métricas seis sigma	98
4.4	Etapa Análisis	100
4.4.1	Resultados Lana de acero	100
4.4.1.1	Análisis de causalidad para lana de acero	102
4.4.1.2	Plan de respuesta para lana de acero	105
4.4.2	Resultados Esponjilla	106
4.4.2.1	Curva de distribución normal de producción de esponjilla	108
4.4.2.2	Análisis de causalidad para esponjilla	109
4.4.2.3	Plan de respuesta para esponjilla	111

Capítulo 5

La dinámica de la mejora continua

5.1	Etapa Mejorar	112
5.1.1	Determinación de soluciones para mejora de condiciones de operación en el proceso de producción de Lana de acero	112
5.1.1.1	Matriz de beneficios	113
5.1.1.2	Confirmar las causas con datos (Segunda corrida de datos)	116
5.1.1.3	Evaluación de mejoras de lana de acero	117
5.1.2	Determinación de soluciones para mejora de condiciones de operación en el proceso de producción de esponjilla	117
5.1.2.1	Confirmar las causas con datos (Segunda corrida de datos)	118
5.1.2.2	Evaluación de mejoras de esponjilla	119
5.2	Etapa Controlar	121
5.2.1	Estandarizar el proceso	121
5.2.2	Controlar y mantener la mejora	121
5.2.3	Mejoramiento continuo	122

Capítulo 6

Comparación de resultados

6.1	Programa de mejoras 9 S de calidad	124
6.2	Comparación de la implantación de la metodología seis sigma en el proceso de lana de acero.	125
6.3	Comparación de la implantación de la metodología seis sigma en la elaboración de esponjilla.	127
6.4	Conclusiones	129
6.5	Recomendaciones	132
6.5.1	Recomendaciones de los operadores para cambios que mejoren la eficiencia de la maquinaria.	132
6.5.2	Recomendaciones de sistemas para evitar errores (sistemas poka-yoke)	135
6.6	Bibliografía	136
6.6.1	Libros y documentos que fundamentan la investigación	136
6.6.2	Vínculos de Investigaciones realizadas en Internet	136
6.6.3	Software utilizado	137

Anexos

- Anexo 1. Compromiso de las personas involucradas en el proceso
- Anexo 2. Resultados de investigación de mercado
- Anexo 3. Tabulación de encuesta
- Anexo 4. Hoja de trabajo para la medición de lana de acero
- Anexo 5. Hoja de trabajo para la mejora de lana de acero
- Anexo 6. Hoja de trabajo para la medición de esponjilla
- Anexo 7. Hoja de trabajo para la mejora de esponjilla
- Anexo 8. Tabla de conversión al sistema Seis Sigma

Resumen ejecutivo

1. Tema

Diseño e implantación del método Seis Sigma al proceso de trefilación de lana de acero para la compañía DIMABRU Cía. Ltda.

2. Objetivos de la investigación

2.1 Objetivo general

Mejorar la calidad de los productos derivados de la trefilación de acero a través de la implantación de un sistema Seis Sigma, que consentirá satisfacer los requerimientos y expectativas del cliente, basada en datos estadísticos que permitirán definir, medir analizar, mejorar y controlar procesos, para de esta forma maximizar la productividad del negocio orientada al cliente.

2.2 Objetivos específicos

- Establecer una metodología sistemática y ordenada de mejora de calidad.
- Mejorar la satisfacción del cliente
- Reducir el tiempo en los ciclos del proceso
- Mejorar la calidad de los productos
- Simplificar procesos
- Eliminar errores
- Reducir defectos
- Aumentar el nivel sigma y su rendimiento sin inversión en el proceso

3. Justificación de la investigación

El mundo vive un proceso de cambio acelerado y de competitividad global en una economía cada vez más liberal, marco que hace necesario un cambio total de enfoque en la gestión de las organizaciones.

DIMABRU Cía. Ltda. buscará elevar índices de productividad, lograr mayor eficiencia y brindar un servicio de calidad, lo que obliga a los gerentes adopten modelos de administración participativa, tomando como base central al elemento humano, desarrollando el trabajo en equipo, para alcanzar la competitividad respondiendo de manera idónea la creciente demanda de productos de óptima calidad y de servicios a todo nivel, cada vez mas eficiente, rápido y de mejor calidad.

Un cliente insatisfecho contará su desafortunada experiencia entre nueve a diez personas, o incluso más si el problema es serio. Y por otro lado el mismo cliente o consumidor solo se lo dirá a tres personas si el producto o servicio lo a satisfecho. Ello implica que un alto nivel de fallos y errores son una fácil ruta a la pérdida de clientes actuales y potenciales.

4. Aspectos metodológicos

Se requiere resolver las variaciones que van surgiendo en los diferentes procesos de producción, reducir los defectos y además mejorar los niveles estándares de actuación. De allí la conveniencia de basarse en hechos reales y objetivos.

Ingeniería de la Producción

Es necesario aplicar un conjunto de herramientas estadísticas siguiendo un procedimiento sistemático y estandarizado de solución de problemas, algunas de ellas son:

Herramientas básicas

- Hoja de control
- Flujo grama
- Diagrama de Pareto
- Diagrama de causa-efecto
- Diagrama de dispersión
- Diagrama de control
- Gráficos de tendencias
- Histograma
- Diagrama de afinidades
- Matrices de prioridades o beneficio
- Gráfico GANTT

Otras herramientas

- Diseño/Rediseño de Procesos.
- Pensamiento Creativo.
- La Voz del Cliente
- Análisis del proceso
- Procesos de Mejora Continua.
- Control Estadístico de Procesos
- Métodos Poka - Yoke

Herramientas avanzadas

- Diseño de experimentos
- Análisis de varianza
- Modelos de regresión
- Contraste de hipótesis

Además se utilizará otras técnicas de investigación las cuales ayudaran a encontrar y resolver problemas que aparezcan en el proyecto como son:

Estudio exploratorio

- Encuestas
- Entrevistas
- Grupos Foco
- Visualización directa
- Recolección de datos

Fuentes de recolección de información

- Planta de producción
- Personal de la empresa
- Libros
- Revistas
- Internet
- Fotos

La metodología Seis Sigma trata de minimizar costos a través de la reducción o eliminación de actividades que no generan valor a los procesos y maximizar la calidad para obtener niveles óptimos.

Introducción

En una economía globalizada, la irrupción de competidores nuevos en el juego económico mundial hace caducar a las empresas no competitivas, y obliga a todas aquellas que quieran sobrevivir a apoyar de ahora en adelante su actividad sobre una vigilancia meticulosa, atenta y permanente del mercado para ajustar siempre mejor la calidad de la respuesta que se le pide. El concepto de calidad se mide mediante el grado de satisfacción de las necesidades del cliente. Los objetivos, por lo tanto, serán satisfacer al cliente, mantener la calidad, reducción de los costos y mejorar la competitividad de la empresa.

El concepto básico de este Sistema de Calidad supone garantizar el nivel de calidad del producto,

La mejora continua está basada en una serie de pequeñas mejoras que van haciendo avanzar poco a poco a la empresa en diferentes aspectos.

El uso de la calidad total conlleva ventajas, Potencialmente alcanzable si existe decisión de cambio de los niveles más altos de la empresa como pueden ser:

- Mejora la relación del recurso humano con la dirección.
- Reducción de costos y aumento de la productividad.

En primer lugar se debe definir y aclarar términos y conceptos:

Sigma (σ) es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, de modo que cuanto menor sea sigma, menor será el número de defectos. Sigma cuantifica la dispersión de esos valores respecto al valor medio y, por tanto,

Ingeniería de la Producción

respecto al valor central objetivo, cuanto menor sea sigma, menor será el número de valores fuera de especificaciones y, por tanto, el número de defectos.

De tal forma en la escala de calidad de Seis Sigma se mide el número de sigmas que caben dentro del intervalo definido por los límites de especificación, de modo que cuanto mayor sea el número de sigmas que caben dentro de los límites de especificación, menor será el valor de sigma y por tanto, menor el número de defectos.

Se ha desarrollado como sistema para la resolución de problemas el método DMAMC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar).

Cuando se presenta un problema en un proceso, lo normal es que en primer lugar se acuda a la experiencia anterior para encontrar soluciones o buscar las causas, luego se acude a procedimientos de análisis tipo Ishikawa, Pareto, etc. pero estos métodos no siempre llevan a soluciones óptimas. Seis Sigma aporta una sistemática más precisa y concluyente con la aplicación del diseño de experimentos, la utilización adecuada del análisis de regresión, y otros muchos métodos estadísticos. La sistemática de medida y resolución de problemas utilizando probadas técnicas estadísticas junto con una adecuada organización y entrenamiento de las personas es lo que en conjunto garantizan los éxitos de Seis Sigma.

1. Introducción a la calidad Seis Sigma

1.1 Evolución del concepto de calidad

Aunque el origen de la palabra calidad tiene más de 2000 años, su evolución ha ocurrido aparejada a las distintas formas que el hombre ha concebido para alcanzarla desde los comienzos del siglo XX hasta la actualidad, como resultado de los vertiginosos cambios ocurridos en los últimos años que han conducido a la que ha dado en llamarse “sociedad del conocimiento”, donde el desarrollo impetuoso de la tecnología, la globalización y las crecientes y cambiantes necesidades de los consumidores, imponen a las organizaciones el reto de la mejora continua para poder satisfacer las expectativas no sólo de los clientes sino de la sociedad en su conjunto.

Época/Sistema de Calidad	Evolución del concepto
Época artesanal	Hacer las cosas bien a cualquier costo
Industrialización	Producción
Segunda Guerra Mundial	Eficacia. + Plazo = Calidad
Posguerra (Japón)	Hacer las cosas bien a la primera
Posguerra (resto de países)	Producción
Control de Calidad	Verificación de las características del producto
Gestión de la Calidad	Aptitud del producto/servicio al uso
Gestión de Calidad Total	Integrar la calidad en todo el proceso
Taguchi	Coste mínimo para la sociedad

Tabla 1.1 Evolución del concepto de calidad

La trascendencia del tema justifica el creciente interés que despierta tanto en el marco académico como en el empresarial, pero una de las primeras dificultades que implica su estudio es justamente la complejidad de su definición conceptual que si bien ha sido abordada desde múltiples aristas por

Ingeniería de la Producción

numerosos autores, no ha sido caracterizada en sus dimensiones fundamentales, lo que ha provocado la confusión con otros conceptos también complejos como por ejemplo la satisfacción del cliente. (Tabla 1.1)

En la época artesanal la calidad suponía hacer bien las cosas a cualquier costo. Los objetivos seguidos por el artesano eran, por lo tanto, satisfacer el orgullo personal (su prestigio) y satisfacer al comprador. En definitiva, el producto era una obra de arte.

Esto supone que el artesano vende los productos, compra las materias primas y trabaja con una metodología basada en su experiencia profesional.

Posteriormente, durante la industrialización, el concepto de calidad fue sustituido por el de producción (hacer muchas cosas, sin importar la calidad).

El objetivo de este modo de fabricación era el de satisfacer la demanda de bienes (generalmente escasos) y el aumento de beneficios.

Durante la Segunda Guerra Mundial, el concepto de calidad equivalía a asegurar la eficacia del armamento (sin importar el costo) con la mayor y más rápida producción (eficacia + plazo = calidad). El objetivo era garantizar la disponibilidad de un armamento eficaz en cantidad y momento precisos.

Durante la posguerra, en Japón el concepto de calidad equivalía a "hacer las cosas bien a la primera". El objetivo de esta filosofía de trabajo era minimizar los costos a través de la calidad, satisfacer a los clientes y aumentar la competitividad de estas empresas.

En el resto de los países, sin embargo, se volvió al objetivo de la época anterior, la industrialización. No se contempla con mayor importancia la

Ingeniería de la Producción

calidad, sólo se trata de producir cuanto más mejor, satisfacer la demanda de bienes para reconstruir los países afectados por la guerra.

En este tiempo se analiza el trabajo y se descompone en actividades sencillas. Estas actividades se realizan por personas especializadas en pequeñas tareas de este modo nace el trabajo en cadena, el trabajo pasa de ser organizado por un artesano industrial a ser planificado por los ingenieros. Como consecuencia disminuye el periodo de aprendizaje y aumenta la productividad.

Esto supone un aumento de la competitividad, pero un descenso del nivel de vida y de la satisfacción de los trabajadores. Como efectos "secundarios" aparece un descenso de la calidad por apatía, descuido, mala coordinación entre distintas funciones, etcétera.

Llega un momento en el que el cliente comienza a exigir más calidad. Entonces se comienza a buscar que el grado de adaptación de un producto a su diseño sea el óptimo. En esta época se hace el Control de Calidad, en el sentido de inspección de las características de un producto y satisfacer las necesidades técnicas y de producción. De este modo, la calidad se identifica con la ausencia de defectos.

Originado por este control de calidad surge un conflicto entre la función de fabricación (a la búsqueda de aumentar la productividad) y la de control de calidad (cuya función era detectar todos los defectos posibles).

Pero entonces resulta que el cliente busca otras cosas o, aunque el producto cumpla las especificaciones del diseño, no es aceptado por el mercado. Entonces surge la necesidad de cambiar el sistema de gestión y surge la

Ingeniería de la Producción

Gestión de la Calidad. El concepto de calidad se mide mediante el grado de satisfacción de las necesidades del cliente. Los objetivos, por lo tanto, serán satisfacer al cliente, mantener la calidad, reducción de los costos y mejorar la competitividad de la empresa.

En este momento surge el Aseguramiento de la Calidad. El concepto básico de este Sistema de Calidad supone garantizar el nivel de calidad del producto, esto es, que el resultado de la actividad de la empresa sea el que se pretende y no una sorpresa. El punto débil de este sistema es que no contempla la mejora del producto, ni define sistemas para captar la voz del cliente.

Para mejorar en estos aspectos surge la mejora continua, herramienta utilizada de diferentes maneras en cada empresa según sus necesidades y métodos de trabajo. La mejora continua está basada en una serie de pequeñas mejoras que van haciendo avanzar poco a poco a la empresa en diferentes aspectos.

Las empresas más comprometidas en materia de calidad han comenzado recientemente a incorporar un sistema de gestión denominado Gestión de Calidad Total. Este proceso supone integrar el concepto de calidad en todas las fases del proceso y a todos los departamentos que tienen alguna influencia en la calidad final del proceso y/o servicio prestado al cliente.

Actualmente, los "gurús"¹ de la calidad llegan aun más lejos. Taguchi define la calidad como el grado de pérdida para la sociedad. El objetivo, por lo tanto es buscar el método de producción que supone un coste mínimo para la

¹ Gurús. Expertos en gestión de calidad

sociedad. En este concepto entran otro tipo de consideraciones, como pueden ser las relaciones con el medio ambiente, la satisfacción de los trabajadores, etcétera.

Esto hace suponer que en un futuro el concepto de calidad se identifique con la satisfacción por el trabajo bien hecho. Los objetivos buscados pasarían a ser la satisfacción interna (empresa), la satisfacción externa (cliente y sociedad en general), y una alta competitividad en un mercado en el que la calidad se considerará como un derecho.

1.2 Calidad total

La calidad total es un concepto, una filosofía, una estrategia, un modelo de hacer negocios y está localizado hacia el cliente.

La calidad no solo se refiere al producto o servicio en sí, sino que es la mejoría permanente del aspecto organizacional, gerencial; tomando una empresa como una máquina gigantesca, donde cada trabajador, desde el gerente, hasta el funcionario del más bajo nivel jerárquico están comprometidos con los objetivos empresariales.

El concepto de calidad ha sufrido varias transformaciones con el tiempo, por lo que existen diferentes definiciones de calidad emitidas por los "gurús" de la calidad.

Algunas de estas definiciones están expuestas a continuación:

"Cumplimiento de los requisitos" (D. Crosby). En esta definición se hace referencia a un control de la calidad, entendido como una inspección de las características de los productos.

Ingeniería de la Producción

"Adecuación al uso" (J. Juran). Se ha de buscar el producto mejor adaptado a las necesidades de los clientes (no habla sólo de productos, también del diseño).

"Satisfacción de las expectativas del cliente" (A. Feigenbaum). En esta definición va implícita la opinión del cliente sobre el producto y/o servicio prestado.

"Pérdida que el uso de un producto o servicio causa a la sociedad" (G. Taguchi). Taguchi entiende que la fabricación de un producto supone una pérdida para la sociedad, tanto por las materias primas utilizadas, como por los residuos sobrantes de la producción e incluso las relaciones entre la empresa y la sociedad en la que está establecida.

"Conjunto de propiedades o características de alguna cosa (producto, servicio, proceso, organización, etc.), que la hacen apta para satisfacer necesidades" (Norma internacional ISO 8402/94:)

Las necesidades o expectativas razonables del cliente varían mucho según como sea el cliente. Para ilustrar este concepto se hizo un análisis previo de la compañía DIMABRU Cía. Ltda. (Tabla 1.2).

Cuando se hable posteriormente de Calidad, se habla de satisfacer la totalidad de estas necesidades.

Para que la calidad se logre a plenitud, es necesario que se rescaten los valores morales básicos de la sociedad y es aquí, donde el empresario juega un papel fundamental, empezando por la educación previa de sus

trabajadores para conseguir una población laboral más predispuesta, con mejor capacidad de asimilar los problemas de calidad, con mejor criterio para

Colectivo	Necesidades
Consumidor final	Precio y Durabilidad Garantía sanitaria Empaque conveniente(funcional y atractivo)
Cliente directo (Tiendas, supermercados, etc.)	Precio y Durabilidad Garantía sanitaria Empaque conveniente(funcional y atractivo)
Propiedad	Beneficios a largo plazo Prestigio
Personal	Retribución Estabilidad Participación en las decisiones de la empresa Reconocimiento Posibilidades de formación y promoción interna
Proveedores	Cooperación Estabilidad en las relaciones comerciales
Sociedad	Conservación de los recursos naturales Respeto al medio ambiente Seguridad Participación en sociedades,, etc.

Tabla 1.2 Expectativas de la calidad por parte del entorno

sugerir cambios en provecho de la calidad, con mejor capacidad de análisis y observación del proceso de manufactura en caso de productos y poder enmendar errores.

El uso de la calidad total conlleva ventajas, pudiendo citar como ejemplos las siguientes:

- Potencialmente alcanzable si hay decisión del más alto nivel
- Mejora la relación del recurso humano con la dirección
- Reduce los costos aumentando la productividad

1.2.1 El control de la calidad

El Control de la calidad se posesiona como una estrategia para asegurar el mejoramiento continuo de la calidad. Es un programa para asegurar la continua satisfacción de los clientes externos e internos mediante el desarrollo permanente de la calidad del producto y sus servicios.

Es un concepto que involucra la orientación de la organización a la calidad manifestada en sus productos, servicios, desarrollo de su personal y contribución al bienestar general.

Para la aplicación del mejoramiento es necesario que en la organización exista una buena comunicación entre todos los órganos que la conforman, y también los empleados deben estar bien compenetrados con la organización, porque ellos pueden ofrecer mucha información valiosa para llevar a cabo de forma óptima el proceso de mejoramiento continuo.

La calidad de los procesos se mide por el grado de adecuación de estos a lograr la satisfacción de sus clientes (internos o externos).

Es el proceso de alcanzar los objetivos de calidad durante las operaciones.

Para el efecto, se deberán desarrollar los siguientes pasos:

- Elegir qué controlar
- Determinar las unidades de medición
- Establecer el sistema de medición
- Establecer los estándares de desempeño
- Medir desempeño actual
- Interpretar la diferencia entre lo real y el estándar
- Tomar acción sobre la diferencia

El término calidad se ha convertido en una de las palabras clave en el entorno empresarial alcanzando tal grado de relevancia que iguala e incluso supera en ocasiones al factor precio, en cuanto a la importancia otorgada por el posible comprador de un producto o servicio.

1.2.2 Tipos de acción de Calidad

Para lograr el mejoramiento de la calidad se debe pasar por un proceso, para así poder alcanzar niveles de desempeño sin precedentes.

Los pasos de este proceso pueden resumirse así:

- Probar la necesidad de mejoramiento
- Identificar los proyectos concretos de mejoramiento
- Organizarse para la conducción de los proyectos
- Prepararse para el diagnóstico o descubrimiento de las causas.
- Diagnosticar las causas
- Proveer las soluciones
- Probar que la solución es efectiva bajo condiciones de operación
- Proveer un sistema de control para mantener lo ganado

Además se habla del Despliegue de la Función de Calidad, concepto que provee los medios para traducir los requerimientos de los clientes en los apropiados requerimientos técnicos para cada etapa del desarrollo y manufactura del producto. Es decir, las actividades necesarias para traducir la voz del cliente en las características del producto final.

Para lograr esto, existen los siguientes principios:

- La calidad comienza con deleitar a los clientes

Ingeniería de la Producción

- Una organización de calidad debe aprender como escuchar a sus clientes y ayudarlos a identificar y articular sus necesidades
- Una organización de calidad conduce a sus clientes al futuro
- Productos y servicios que satisfacen al cliente provienen de sistemas bien planificados y que funcionen sin fallas
- En una organización de calidad, la visión, los valores, sistemas y procesos deben ser consistentes y complementarios entre sí
- Todos en una organización de calidad, administradores, supervisores y operarios, deben trabajar en concierto
- El trabajo en equipo en una organización de calidad debe estar comprometido con el cliente y el mejoramiento continuo
- En una organización de calidad cada uno debe conocer su trabajo
- La organización de la calidad usa el método científico para planear el trabajo, resolver problemas, hacer decisiones y lograr el mejoramiento
- La organización de calidad desarrolla una sociedad con sus proveedores
- La cultura de una organización de calidad sostiene y nutre los esfuerzos de mejoramiento de cada grupo e individuo

1.2.3 Progreso del significado de la calidad

La transformación de las empresas y la globalización de las economías, han ocasionado un sin número de problemas y dificultades en los gobiernos de América Latina.

Ingeniería de la Producción

Para el análisis de la competitividad y la calidad total en las empresas; existen algunas preguntas obvias: ¿Cómo afectó a las empresas la incorporación del concepto de calidad total? ¿Cómo la calidad total impresionó en las empresas que intervienen en el proceso de Globalización?

Para mejorar un proceso y llegar a la calidad, y ser en consecuencia más competitivos, es necesario cambiar dicho proceso, para hacerlo más efectivo, eficiente y adaptable. Qué cambiar y cómo cambiar depende del enfoque específico del empresario y del proceso.

La clave del éxito es la Calidad de mantener sistemáticamente ventajas que le permitan alcanzar determinada posición en el entorno socioeconómico.

La ventaja comparativa de una empresa estaría en su habilidad, recursos, conocimientos y atributos, etc., de los que dispone dicha empresa, los mismos de los que carecen sus competidores o que estos tienen en menor medida, que hace posible la obtención de unos rendimientos superiores a los de aquellos.

El uso de estos conceptos supone una continua orientación hacia el entorno y una actitud estratégica por parte de las empresas grandes como en las pequeñas, en las de reciente creación, maduras y en general en cualquier clase de organización.

Ecuador está sufriendo ya hace algunos años los cambios en la gestión de calidad; pero aún existen algunas empresas en nuestro país que no muestran estas nuevas formas de hacer empresa y poco a poco están haciendo los cambios y otras que ya fueron absorbidas por otras para no tener que cerrar sus puertas; la calidad de los productos, la red de distribución, las relaciones

con la comunidad, el desempeño de los trabajadores, son puntos primordiales en la lucha para desarrollar empresas en estos tiempos.

1.2.4 Importancia de la calidad

La calidad en la organización de una empresa, debe ser el nervio y motor de la misma; la cual genere un servicio de satisfacción en los clientes por un producto, servicio, proceso, etc. Si de verdad la empresa desea alcanzar el éxito debe cimentarse en estas dos palabras.

Se debe tener en cuenta que un cliente insatisfecho lo contará su desafortunada experiencia a nueve y diez personas, o incluso más si el problema es serio. Y por otro lado el mismo cliente sólo se lo dirá a tres personas si el producto o servicio lo ha satisfecho. Ello implica que un alto nivel de fallos y errores son una fácil ruta a la pérdida de clientes actuales y potenciales.

El mensaje de la calidad debe ser comunicado a tres audiencias que son complementarias entre sí:

- Trabajadores
- Proveedores
- Clientes

Los fundamentos de la importancia de la calidad son los siguientes:

- La competitividad
- El trabajo bien hecho
- La Mejora continuada con la colaboración de todos: responsabilidad y compromiso individual por la calidad

Ingeniería de la Producción

- El trabajo en equipo es fundamental para la mejora permanente
- Comunicación, información, participación y reconocimiento
- Prevención del error y eliminación temprana del defecto
- Fijación de objetivos de mejora
- Seguimiento de resultados
- Indicadores de gestión
- Satisfacer las necesidades del cliente: calidad, precio, plazo

Los obstáculos que impiden el avance de la calidad pueden ser:

- El hecho de que la dirección no defina lo que entiende por calidad
- No se trata de hacer bien las cosas, sino de que el cliente opine igual y esté satisfecho
- Todos creen en su concepto, pocos en su importancia y son menos los que la practican

1.3. Seis Sigma

1.3.1 Introducción

En la década del ochenta Philip Crosby popularizó el concepto de Cero Defecto como orientación para el control de calidad. Este enfoque establece la meta de resultados que carezcan de errores al cien por ciento. Crosby sostiene que si se establece un nivel “aceptable” de defectos, ello tiende a provocar que dicho nivel (o uno más alto) se conviertan en una profecía que se cumple; si los empleados saben que está “bien” trabajar dentro de un nivel determinado de errores, llegarán a considerar que ese nivel es la “norma”. Es evidente que dicha “norma” está por debajo de lo óptimo. Crosby sostiene

que a las personas se le establecían estándares de desempeño mucho más holgados en sus trabajos que lo que regían sus vidas personales. “Ellos esperaban hacer las cosas bien, cuando se trataba de sostener a un bebé, de pagar las facturas o de regresar temprano a la casa correcta. En cambio, en los negocios se les fijaban “niveles aceptables de calidad”, márgenes de variación y desviaciones.

1.3.2 Definición Seis Sigma

Es una estrategia de mejora continua orientada al cliente que elimina los errores, defectos y pérdidas de tiempo en los procesos con una base de datos estadísticos.

La idea de un “porcentaje de error aceptable” (a veces denominado un “nivel de calidad aceptable”) es un curioso remanente de la era del “control de calidad”. En aquellos tiempos, se podían encontrar maneras de justificar estadísticamente las naturales fallas humanas, sosteniendo que nadie podía ser posiblemente perfecto. De modo que si el 100% es inalcanzable, ¿por qué no conformarse con el 99%, e incluso con el 95%? Entonces, si alcanzáramos el 96,642%, podríamos dar una fiesta y celebrar el hecho de haber superado los objetivos. La cuestión es que el 96,642% significa que de 100.000 transacciones efectuadas por un servicio, 3.358 resultarían desfavorables. Como las fallas de uno entre mil paracaidistas. Los clientes insatisfechos, aquellos que habrían estado fuera del porcentaje de transacciones perfectas, no regresarían jamás.

Ingeniería de la Producción

Ahora bien, Tom Parker, señala que: “cada día 67.000 norteamericanos pasan por un quirófano. Un porcentaje de éxitos quirúrgicos del 99% significaría que 66.330 personas saldrían de la anestesia sin otra dificultad que tratar de operar el control remoto del aparato de televisión del hospital. Pero ¿qué sucedería con los pocos desafortunados que no entraran dentro de la categoría del “error aceptable”? Cada día, 670 personas experimentarían complicaciones, o morirían, como resultado de los fracasos quirúrgicos aceptables” Así pues un rendimiento del 99% sería un alto promedio, pero no muy admirable como porcentaje de éxitos quirúrgicos.

¿Qué pasaría si se aparta de esa norma de calidad y se establece una ambiciosa meta del 99,9%? ¿Sería aceptable? En un informe especial sobre calidad, publicado en 1991 en la revista Training, Natalie Gabel aplicó esa norma a una serie de actividades. Las cifras que obtuvo fueron sorprendentes. Si el 99,9% fuera la verdadera norma de rendimiento alcanzada en algunas actividades corrientes: (datos correspondientes a USA)

- Las guarderías de hospitales entregarían 12 bebés por día a padres que no corresponden
- Las instituciones financieras descontarían 22.000 cheques de cuentas bancarias equivocadas....cada 60 minutos
- Los servicios de telecomunicaciones transmitirían 1.314 llamadas erróneas cada 60 minutos
- Los productores cinematográficos utilizarían 811.000 rollos de películas defectuosos para filmar escenas
- Se fabricarían 268.500 neumáticos defectuosos

Ingeniería de la Producción

- Se procesarían incorrectamente 103.260 impuestos defectuosos sobre los créditos
- 5.517.200 cajones de gaseosas contendrían bebidas sin efervescencia
- Se emitirían 20.000 recetas medicinales incorrectas
- Se gastarían 761.900 dólares en cintas magnetofónicas y discos compactos que no se podrían reproducir

Por suerte las cosas funcionan mejor de lo previsto, así los informes reales muestran que de los 67.000 pacientes quirúrgicos diarios, antes citados, solamente 25 no lograrían salir del trance en la actualidad. Esto significa un 0,000037, o sea, un 0,037%, lo que equivale a un promedio de éxito del 99,963% (15 veces mejor que la norma del 99,9%). En el caso de las aerolíneas, si se consideran los accidentes como defectos, su nivel actual sería de 6 Sigma. Pero en el manejo del equipaje, el nivel es apenas del 3,5 Sigma.

Han hecho falta dramas patentes y una triple presión externa para convencer al gerente acerca de la necesidad de adoptar nuevos paradigmas en la gestión de las empresas para hacer posible su continuidad y crecimiento. Cuando Hewlett-Packard examinó 300.000 semiconductores de tres empresas de Estados Unidos y de tres de Japón, descubrió que el porcentaje de fallas de los chips norteamericanos era superior al 0,1%, en tanto que las fallas de los chips japoneses en el mismo período fueron cero.

Al igual que en la industria de los semiconductores, otras como la textil, la siderúrgica, las máquinas herramientas, la electrónica, la automotriz entre otras tantas han visto perder competitividad, mercado y utilidades día a día

por haber estado ancladas a paradigmas que ya no eran válidos dentro del nuevo esquema mundial.

1.3.3 ¿Qué implica Seis Sigma?

Es una forma más inteligente de dirigir un negocio o un departamento. Seis Sigma pone primero al cliente y usa datos para impulsar mejores resultados.

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

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

Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costos, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.

Se puede definir Seis Sigma como:

- Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto
- Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño
- Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global

La letra griega minúscula sigma (σ) se usa como símbolo de la desviación estándar, siendo ésta una forma estadística de describir cuánta variación existe en un conjunto de datos.

La medida en sigma se desarrolló para ayudar a:

Ingeniería de la Producción

- Enfocar las medidas en los clientes que pagan por los bienes y servicios. Muchas medidas sólo se concentran en los costes, horas laborales y volúmenes de ventas, siendo éstas medidas que no están relacionadas directamente con las necesidades de los clientes
- Proveer un modo consistente de medir y comparar procesos distintos

El primer paso para calcular el nivel sigma o comprender su significado es entender qué esperan sus clientes. En la terminología de Seis Sigma, los requerimientos y expectativas de los clientes se llaman CTQs (Críticos para la Calidad).

Se usa la medida en sigma para observar que tan bien o mal operan los procesos y darles a todos una manera común de expresar dicha medida.

1.3.4 Las tres presiones externas

Entre las tres presiones externas a las cuales se ha hecho referencia anteriormente, la primera y más evidente es la de la competencia desenfrenada en un mundo más interconectado e interdependiente.

La segunda de las presiones esta relacionada a la velocidad tecnológica y, en particular, la aceleración de la renovación informática, la difusión de la información en todas las organizaciones y la creciente capacidad de acceso a la misma de un número cada vez más importante de personas.

La tercera presión externa que lleva al establecimiento económico a revisar totalmente sus reglas de organización es el choque de las mentalidades que cambian.

Ingeniería de la Producción

La empresa de finales de los ochenta parece haber encontrado su nuevo credo; el de la calidad total. Las empresas que se limitaban a hacer el control a posteriori de su única calidad presentaron la quiebra una tras otra. Las empresas de hoy si quieren sobrevivir, deben trabajar para sus clientes más que para sí misma.

En los años ochenta la TQM (Gestión de Calidad Total) fue muy popular, pero sufrió un proceso de desgaste y en muchas empresas de agonía. Era menester generar un método que motivará un liderazgo por la calidad.

Esto se dio con Seis Sigma en función de tres características:

- Seis Sigma está enfocado en el cliente
- Los proyectos Seis Sigma producen grandes retornos sobre la inversión

En un artículo de la "Harvard Business Review, Sasser y Reichheld" señalan que las compañías pueden ampliar sus ganancias en casi un 100% si retienen sólo un 5% más de sus clientes gracias al logro un alto grado de calidad.

- Seis Sigma cambia el modo que opera la dirección, es mucho más que proyectos de mejora. La dirección y los supervisores aprenden nuevos enfoques en la forma de resolver problemas y adoptar decisiones

1.3.5 Las siete metamorfosis

La nueva piedra filosofal de la calidad total permite a la empresa satisfacer siempre mejor al cliente con precios aceptables. Se demuestra que la calidad no cuesta más; al contrario, rinde porque permite vender. Lo que cuesta caro

Ingeniería de la Producción

es la no-calidad, es decir, el fracaso, los costes inútiles, los retrasos; todo esto es producto de una mala organización que se le factura como multa al cliente y que le sorprende, le disgusta y finalmente le desvía hacia otros proveedores, porque tienen de ahora en adelante el dilema de elegir.

En este proceso destinado a lograr el cero defecto (Seis Sigma implica 3,4 defectos por millón de oportunidades) las empresas se enfocan en siete cambios o metamorfosis.

La **primera metamorfosis** supone implica que la empresa se interesa más en su mercado que en si misma, en sus clientes que en sus máquinas, en sus fines que en sus medios, y que sus dirigentes sustituyen la lógica del ingeniero o del contable, centrada en una confianza desmedida en la capacidad de su técnica, por la lógica del empresario comercial, que reconoce la inutilidad de un producto soberbio que no se ha podido vender.

La **segunda metamorfosis** es el establecimiento de las relaciones clientes-proveedores en el interior mismo de la empresa; cada departamento, cada servicio, cada función, cada trabajador debe esforzarse en especificar mejor lo que desea de su fuente y en responder mejor a las demandas de su consumidor. La organización atomizada cede su lugar a una organización por flujos. Se caen los muros que defendían los territorios funcionales para dar lugar a un desarrollo de procesos integrales en los cuales todos toman parte de forma armónica.

La **tercera metamorfosis** consiste en dejar de “producir más” para pasar a “producir mejor de entrada”. Los ritmos infernales no fabrican más que productos de calidad mediocre y asalariados amargados, cansados y cada

Ingeniería de la Producción

vez menos competentes. La calidad total persigue el autocontrol y las acciones colectivas, produciendo bien a la primera, arreglando el defecto en el momento de producirse.

La **cuarta metamorfosis** implica sustituir el modelo mecanicista de una organización que asigna a cada individuo un puesto instrumental de ejecutante, por un modelo biológico donde los equipos responsables asumen misiones, uniendo colectivamente su talento para hacerlo. Se sustituye la empresa piramidal por la empresa multicelular.

La **quinta metamorfosis** implica pasar de una empresa aislada e intransigente frente a sus proveedores y subcontratistas, en una implicada en profundas relaciones de confianza.

La **sexta metamorfosis** implica la sustitución del control por la prevención. Un incremento en los costos de prevención traen como resultado una disminución en el coste total de calidad al reducirse significativamente los costos por fallos internos y externos, y disminuir las necesidades de evaluación.

La **séptima metamorfosis** implica la eliminación de todos los desperdicios y despilfarros, no sólo los relativos al proceso productivo, sino también los atinentes a las actividades administrativo – burocráticas.

Lograr estos cambios permite llegar a los “Seis Ceros”: cero defectos, cero stocks, cero averías, cero plazos, cero papeles y cero accidentes.

1.3.6 Nivel de desempeño Seis Sigma

Cuando una empresa viola requerimientos importantes del cliente, genera defectos, quejas y costes. Cuanto mayor sea el número de defectos que ocurran mayor será es coste de corregirlos, como así también el riesgo de perder al cliente.

La meta de Seis Sigma es ayudar a la gente y a los procesos a que aspiren a lograr entregar productos y servicios libres de defectos. Si bien Seis Sigma reconoce que hay lugar para los defectos pues estos son están relacionados a los procesos mismos, un nivel de funcionamiento correcto del 99,9997 por 100 implica un objetivo donde los defectos en muchos procesos y productos son prácticamente inexistentes como se aprecia en la tabla 1.3.

Rendimiento a largo plazo	Nivel en sigma	Defectos por millón de oportunidades
99.99	6	3,40
99.98	5	233,00
99.4	4	6.210,00
93.3	3	66.807,00
69.1	2	308.537,00
30.9	1	691.462,00

Tabla1.3 Relación entre el desempeño de un proceso y la métrica Seis Sigma

La meta de Seis Sigma es especialmente ambiciosa cuando se tiene en cuenta que antes de empezar con una iniciativa de Seis Sigma, muchos procesos operan en niveles de 1, 2 y 3 sigma, especialmente en áreas de servicio y administrativas.

Como sistema de dirección, Seis Sigma no es propiedad de la alta dirección más allá del papel crítico que ésta desempeña, ni es impulsado por los mandos intermedios (a pesar de su participación clave). Las ideas, soluciones, descubrimientos en procesos y mejoras que surgen de Seis

Sigma están poniendo más responsabilidad a través de la participación de la gente que está en las líneas de producción y/o que trabajan directamente con los clientes.

“Seis Sigma es, un sistema que combina un fuerte liderazgo con el compromiso y energía de la base”².

1.3.7 ¿Cómo se determina el nivel Sigma?

En primer lugar se debe definir y aclarar términos y conceptos:

Sigma (σ) es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, de modo que cuanto mayor sea sigma, menor será el número de defectos. Sigma cuantifica la dispersión de esos valores respecto al valor medio y, por tanto, respecto al valor central objetivo, cuanto menor sea sigma, m será el número de valores fuera de especificaciones y, por ende, el número de defectos.

De tal forma en la escala de calidad de Seis Sigma se mide el número de sigmas que caben dentro del intervalo definido por los límites de especificación, de modo que cuanto mayor sea el número de sigmas que caben dentro de los límites de especificación, menor será el valor de sigma y por tanto, menor el número de defectos.

La diferencia entre la especificación Superior (ES) y la especificación Inferior (EI) dividido por el desvío estándar nos da la cantidad (o nivel) de sigmas (z).

La Capacidad del Proceso (Cp) para un nivel 6 sigma es igual a 2, resultante dividir la diferencia entre las Tolerancias Superior e Inferior por Seis Sigma.

² Fuente : www.degerencia.com

Ingeniería de la Producción

En un nivel 6 sigma entran en el espacio existente entre la especificación Superior (ES) y la especificación Inferior (EI) un total de 12 sigmas.

Siempre que la medición esté dentro del intervalo ES-EI se dice que el producto o servicio es conforme o de calidad. En este caso se siguen las ideas de Crosby, quien considera la calidad como sinónimo de cumplimiento de las especificaciones.

Así pues cuando más cercanos estén los valores de las mediciones al Valor Central Optimo, más pequeño será el valor de sigma, y de tal forma mayor número de sigmas entrarán dentro de los límites de tolerancia.

Calcular el nivel sigma para la mayoría de los procesos es bastante fácil. Dado un determinado producto o servicio, se determina los factores críticos de calidad (FCC), luego se multiplica estos por la cantidad de artículos producidos obteniéndose el total de defectos factibles (oportunidades de fallos). Si se divide los fallos detectados (con los distintos sistemas de medición en función del tipo de bien o servicio) por el total de defectos factibles (TDF) y luego se multiplica por un millón se obtiene los defectos por millón de oportunidades (DPMO). Luego revisando la tabla de sigma se tienen los niveles de sigma.

Los factores críticos de calidad pueden ser determinados tanto por los clientes internos como externos, y serán aplicados a las distintas etapas de los diversos procesos.

En cuanto a la metodología de medición, ésta se efectuará por muestreo internos (mediciones) o mediante requisitoria (cuestionario) para la totalidad o parte de los consumidores.

1.3.8 Método de Resolución de Problemas

Se ha desarrollado como sistema para la resolución de problemas el método DMAMC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar).

Este método es llevado a la práctica por grupos especialmente formados a los efectos de dar solución a los diversos problemas o alcanzar los objetivos de la compañía. (Figura 1.1)

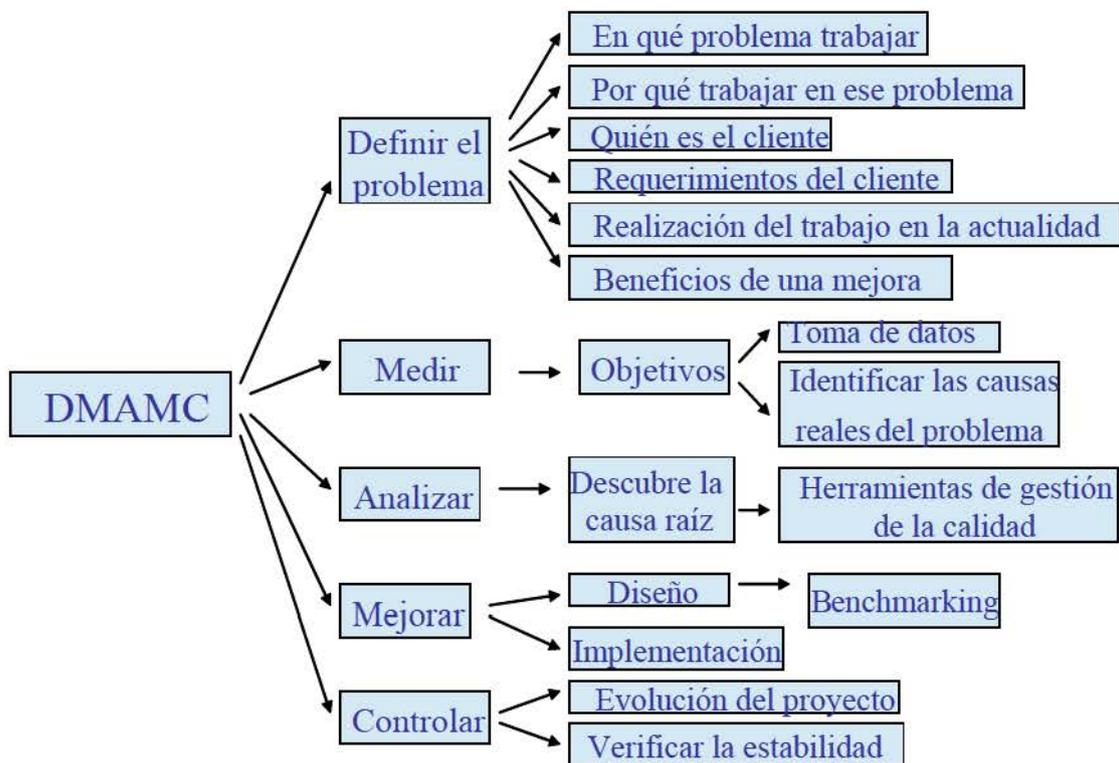


Figura 1.1 Método de resolución de problemas DMAMC

1.3.8.1 Definir el problema

Debe definirse claramente en que problema se ha de trabajar, porqué se trabaja en ese problema en particular, quién es el cliente, cuáles son los requerimientos del cliente, cómo se lleva a cabo el trabajo en la actualidad, cuáles son los beneficios de realizar una mejora.

Ingeniería de la Producción

Siempre debe tenerse en cuenta que definir correctamente un problema implica tener un 50% de su solución. Un problema mal definido llevará a desarrollar soluciones para falsos problemas.

1.3.8.2 Medir

El medir persigue dos objetivos fundamentales:

- Tomar datos para validar y cuantificar el problema o la oportunidad.
Esta es una información crítica para refinar y completar el desarrollo del plan de mejora.
- Permite y facilita identificar las causas reales del problema.

El conocimiento de estadística se hace fundamental. “La calidad no se mejora, a no ser que se la mida”.

1.3.8.3 Analizar

El análisis permite descubrir la causa raíz. Para ello se hará uso de las distintas herramientas de gestión de la calidad. Ellas son las siete herramientas estadísticas clásicas y las siete nuevas herramientas. Las herramientas de análisis deben emplearse para determinar dónde se está, no para justificar los errores.

1.3.8.4 Mejorar

En esta etapa asume una preponderancia fundamental la participación de todos los participantes del proceso, como así también la capacidad creativa, entre los cuales se encuentran el uso de nuevas herramientas como el Pensamiento Lateral y la Programación Neuro-Lingüística (PNL).

La fase de mejora implica tanto el diseño como la implementación. En esta fase de diseño es muy importante la actividad de benchmarking a los efectos de detectar en otras unidades de la misma empresa o en otras empresas (competidoras o no) formas más efectivas de llevar a cabo un proceso.

1.3.8.5 Controlar

Es necesario confirmar los resultados de las mejoras realizadas. Debe por tanto definirse claramente unos indicadores que permitan visualizar la evolución del proyecto. Los indicadores son necesarios pues no se puede basar las decisiones en simple intuición. Los indicadores muestran los puntos problemáticos del negocio y ayudarán a caracterizar, comprender y confirmar los procesos. Mediante el control de resultados se logrará saber si estamos cubriendo las necesidades y expectativas de los clientes.

Es además primordial verificar mediante el control la estabilidad de los procesos. Distintos indicadores vinculados a Seis Sigma pueden y deben ser articulados en los Tableros de Comandos o Cuadros de Mando Integral a los efectos de permitir un monitoreo constante en la evolución de los mismos por parte de los diferentes funcionarios y responsables de los procesos productivos y de mejoras.

Entre los indicadores a monitorear están:

- Indicadores relacionados con el costo, el mismo incluye costes correspondientes a las operaciones, las materias primas, de despilfarro y reciclaje, de comercialización, de desarrollo de productos

Ingeniería de la Producción

- Indicadores relacionados con el tiempo como los ciclos (productivos, comerciales, de respuestas) y de cumplimiento de las etapas de los procesos de implementación de mejoras
- Indicadores relacionados a las prestaciones, tales como cuota de mercado, cotización de las acciones, imagen de la empresa, niveles de satisfacción de los clientes y consumidores, y participación de los empleados (cantidades de sugerencias por período de tiempo y niveles de ahorro o beneficios subsecuentes)

A manera de resumen se puede decir que en primer lugar se define el problema, valorándose o midiéndose posteriormente el punto en el cual se encuentra la empresa. En tercer lugar se estudia la causa raíz del problema, el cual se diseña y poner en práctica las respectivas mejoras. En última instancia a controlar los resultados obtenidos para verificar la efectividad y eficiencia de los cambios realizados.

1.3.9 Claves del DMAMC

Algunas nociones para el manejo de las herramientas Seis Sigma son:

- *Medir el problema.* Siempre es menester tener una clara noción de los defectos que se están produciendo en cantidades y expresados también en valores monetarios.
- *Enfocarse en el cliente.* Las necesidades y requerimientos del cliente son fundamentales, y ello debe tenerse siempre debidamente en consideración.

Ingeniería de la Producción

- *Verificar la causa raíz.* Es menester llegar hasta la razón fundamental o raíz, evitando quedarse sólo en los síntomas
- *Romper con los malos hábitos.* Un cambio de verdad requiere soluciones creativas
- *Gestionar los riesgos.* El probar y perfeccionar las soluciones es una parte esencial de la disciplina Seis Sigma
- *Medir los resultados.* El seguimiento de cualquier solución es verificar su impacto real
- *Sostener el cambio.* La clave final es lograr que el cambio perdure

1.3.10 Cinturones y Líderes

Como una forma de identificar a determinados miembros del personal que cumplen funciones específicas en el proceso de Seis Sigma, e inspirados en las artes marciales como filosofía de mejora continua y elevada disciplina, se han conferido diversos niveles de cinturones para aquellos miembros de la organización que lideran y ayudan a liderar los proyectos de mejoras.

Así el **Primer Dan** (Máster Black Belt o Maestro Cinturón Negro) sirve de entrenador, mentor y consultor para los Cinturones Negros que trabajan en los diversos proyectos. Debe poseer mucha experiencia en el campo de acción tanto en Seis Sigma como en las operatorias fabriles, administrativas y de servicios.

Cinturón Negro (Black Belt) tenemos a aquellas personas que se dedican a tiempo completo a detectar oportunidades de cambios críticos y a conseguir que se logren resultados. El Cinturón negro es responsable de liderar,

Ingeniería de la Producción

inspirar, dirigir, delegar, entrenar y cuidar de los miembros de su equipo. Debe poseer firmes conocimientos tanto en materia de calidad, como en temas relativos a estadística, resolución de problemas y toma de decisiones.

El **Cinturón Verde** (Green Belt) está formado en la metodología Seis Sigma, sirviendo como miembro de equipo, sirviendo de apoyo a las tareas del Cinturón Negro. Sus funciones fundamentales consisten en aplicar los nuevos conceptos y herramientas de Seis Sigma a las actividades del día a día de la organización.

Espónsor (Champion) es un ejecutivo o directivo que inicia y patrocina a un Black Belt o a un equipo de proyecto. Una especie de mecenas. El mismo forma parte del Comité de Liderazgo, siendo sus responsabilidades: garantizar que los proyectos están alineados con los objetivos generales del negocio y proveer dirección cuando eso no ocurra, mantener informados a los otros miembros del Comité de Liderazgo sobre el progreso del proyecto, proveer o persuadir a terceros para aportar al equipo los recursos necesarios, tales como tiempo, dinero, y la ayuda de otros. Conducir reuniones de revisión periódicas y negociar conflictos y efectuar enlaces con otros proyectos Seis Sigma.

1.4 Casos exitosos en la implantación de Seis Sigma

En 1987, Motorola determinó una meta de cinco años para obtener el nivel de calidad Seis Sigma. En cambio General Electric se propuso tornarse en una empresa de calidad de nivel Seis Sigma antes del 2000, pero este objetivo fue truncado en 1996, cuando ellos recién iniciaron su total compromiso con Seis Sigma, después se plantearon una nueva meta de 5 años más. En 1992 Kodak adoptó el Sistema de Calidad Seis Sigma y logró un nivel superior a Seis Sigma (6σ) con la cámara fotográfica Kodak KB10 donde el DPMO es 2.53.

Así como en el Japón empresas como Toyota, Honda, Mazda, Fujitsu, Cannon y NEC entre otras fueron base del desarrollo del Just in Time y del Kaizen, en el caso de Seis Sigma empresas como Motorola, General Electric, Honeywell, Sears Roebuck, American Express, Johnson & Johnson, Federal Express y Ford Motor le han servido como plataforma de investigación y desarrollo.

Un completo desenvolvimiento del Sistema Seis Sigma puede llevar algunos años. Es un proceso de capacitación y desenvolvimiento intensivos, que compromete al personal de todos los niveles de la organización. A medida que el personal es capacitado, los equipos se van formando; ellos son capacitados en la aplicación de herramientas y metodologías para caracterizar y optimizar procesos.

Ingeniería de la Producción

Cada vez que un equipo completa una iteración de la metodología en un proceso particular, el proceso será elevado a niveles más altos. Los resultados son obtenidos en cada iteración.

El tiempo que una empresa lleva para alcanzar el nivel Seis Sigma depende internamente del número de personas capacitadas, del número de procesos a ser optimizados, del número de iteraciones donde el nivel del grado de conformación uniforme, consistente y continua con una metodología.

Cuanto más iteraciones de la metodología, más procesos son elevados a Seis Sigma, más procesos tendrán casi cero defectos, errores o fallas. Las recompensas aparecen en cada iteración.

1.4.1 Mejora de procesos

Es necesario medir, pero lo suficiente, para a la larga estimular a las personas a que realicen cambios. El análisis de los defectos por millón y de sus correspondientes valores sigma dará una orientación acerca de cuáles son los procesos que tienen mayores potenciales de mejora; una vez detectado dónde están los potenciales de mejora se pondrá en práctica los instrumentos y capacidades para mejorar estos procesos.

1.4.2 Mejora de productos

Seis Sigma permite establecer un sistema de mejora continua de productos; pero puede tener otros objetivos, pues es un apoyo excelente para el diseño robusto de productos y para una dinámica de simplificación de los mismos. Los ingenieros de diseño para desarrollar sus productos robustos y

simplificados necesitan conocer la capacidad de los procesos, con ello pueden reducir los costos de fabricación al tiempo que diseñan productos con menor variabilidad en su proceso de fabricación.

1.4.3 Solución de problemas

Cuando se presenta un problema en un proceso, lo normal es que en primer lugar se acuda a la experiencia anterior para encontrar soluciones o buscar las causas, luego se acude a procedimientos de análisis tipo Ishikawa, Pareto, etc. pero estos métodos no siempre llevan a soluciones óptimas. Seis Sigma aporta una sistemática más precisa y concluyente con la aplicación del diseño de experimentos, la utilización adecuada del análisis de regresión, SIPOC y otros muchos métodos estadísticos. La sistemática de medida y resolución de problemas utilizando probadas técnicas estadísticas junto con una adecuada organización y entrenamiento de las personas es lo que en conjunto garantizan los éxitos de Seis Sigma.

1.4.4 Fracaso de Seis Sigma

Fracasara si los productos o servicios de una empresa:

- No tiene una necesidad concreta
- No satisfacen las expectativas de los clientes
- No cumplen especificaciones y normas
- No Cumplen los requisitos legales aplicables
- No Tener precios competitivos
- Sus costos no proporcionar beneficio

1.4.5 Diez mitos Seis Sigma

Existen mitos acerca del alcance Seis Sigma:

- Solamente para trabajos de manufactura
- Ignora al cliente en busca de los beneficios de línea de fondo
- Crea una organización paralela
- Agrega esfuerzos adelante
- Requiere de entrenamiento masivo
- Requiere de equipos grandes
- Genera burocracia
- Es simplemente otro programa de calidad
- Requiere de estadísticas complicadas y difíciles
- No es de costo eficaz

1.4.6 Necesidad del nivel 6 Sigma

Muchas empresas del momento operan procesos que generan nada menos que 35.000 defectos por millón de oportunidades. A pesar de eso, ellas tienen éxito y generan muchas utilidades. Este nivel de desempeño es aproximadamente de 3,3 sigma. Ahora cuánto mayor serían las utilidades generadas si se estuviese operando con menos defectos por millón de oportunidades o estuviese operando en un nivel Seis Sigma de casi cero defectos.

1.5 Las razones que justifican la decisión estratégica de adoptar Seis Sigma

El objetivo de todo negocio es generar utilidades. Un innegable objetivo del nivel de desempeño del Seis Sigma es minimizar costos, a través de la reducción o eliminación de actividades que no agregan valor a los procesos y maximizar la calidad para obtener utilidades a niveles óptimos.

Implementar el Sistema Seis Sigma en una organización crea una cultura interna de individuos educados en una metodología con un patrón de caracterización, optimización y control de procesos, porque las actividades repetitivas alrededor de un servicio o una confección de un producto constituyen un proceso. Se optimizan y/o mejoran los procesos para que éstos sean simplificados, reduciéndose el número de pasos y tornándose más rápidos y eficientes. Al mismo tiempo, esos procesos son optimizados para que no generen defectos y no presenten oportunidades de errores.

Se busca la eliminación de defectos, fallas y errores por dos motivos, el primero, porque ellos tornan a los productos y servicios más caros, y cuanto más caros ellos fueran, menos probable será la posibilidad o voluntad de las personas de comprarlos; y segundo, porque defectos, errores y fallas desalientan a los clientes, y un cliente insatisfecho devuelve el producto o ya no compra servicios.

Cuanto mayor el número de clientes insatisfechos con productos y servicios, mayor es la tendencia de perder espacio en el mercado. Así como se pierde una parte del mercado, también bajan las utilidades y la renta bruta. Y si la renta bruta disminuye, la empresa no logra retener a sus funcionarios.

Ingeniería de la Producción

Al final se podría resumir que un sistema Seis Sigma:

- Expande el conocimiento de productos y procesos a través de la caracterización y optimización
- Decrecen los defectos y el tiempo del ciclo
- Mejora la satisfacción del cliente
- Genera el crecimiento comercial y mejora la rentabilidad
- Mejora la comunicación y el trabajo en equipo a través de ideas, problemas, éxitos, y fracasos compartidos
- Desarrolla un juego común de herramientas y técnicas

Un sistema Seis Sigma es aplicable a los procesos técnicos y no técnicos. Un proceso de fabricación es visto como técnico. En esta etapa del proceso, se tiene entradas como: partes de piezas, montajes, sub-montajes, productos, partes, materias primas que físicamente fluyen a través del proceso. Otras entradas son temperatura, humedad, velocidad, presión, etc. Existen innumerables variables de entrada que afectan un proceso. Un proceso también está compuesto por equipos, calibradores, máquinas y herramientas - entre otras cosas - que producen la transformación de la entrada en una salida. Finalmente, a la salida es normalmente un producto final, un montaje o un sub-montaje. En un proceso técnico el flujo de productos es visible y tangible y por eso existen muchas oportunidades para recolectar datos y tomar mediciones en muchas instancias de las variables.

Por otro lado, un proceso no-técnico es más difícil de ser visualizado.

Procesos no-técnicos son los procesos administrativos, de servicios de transacciones. En esos procesos, las entradas y salidas pueden no ser

Ingeniería de la Producción

tangibles. Más estos son ciertamente procesos que al tratarlos como sistemas, permite entender mejor y determinar sus características, optimizarlos, controlarlos, y así eliminar las posibilidades de errores y fallas. Generar un mejoramiento en un proceso administrativo; vender un producto por teléfono y un proceso de servicio; así como hacer un financiamiento inmobiliario y un proceso de transacción.

En una economía globalizada como la actual. La irrupción de competidores nuevos en el juego económico mundial hace caducar a las empresas no competitivas, y obliga a todas aquellas que quieran sobrevivir a apoyar de ahora en adelante su actividad sobre una vigilancia meticulosa, atenta y permanente del mercado para ajustar siempre mejor la calidad de la respuesta que se le pide.

Los consumidores y clientes ante múltiples ofertas se vuelvan más exigentes y reclamen siempre mejor calidad a precios siempre más bajos.

Desde que existe un proceso de calidad y que ciertas economías lo han adoptado, todas aquellas que no lo han hecho han visto abrirse a toda velocidad un abismo en su competitividad. Y lo que es cierto para las economías lo es también para la empresa. Para ello es menester tomar en cuenta que el coste de la no-calidad en las economías occidentales está en el orden del 20% de su facturación, en tanto que en la economía japonesa se encuentra en el 12%. No reducir rápidamente esta brecha y ante el crecimiento económico de países como China, Tailandia, Malasia y otros países del sudeste asiático preanuncian inevitables derrotas.

Ante las circunstancias descritas, DIMABRU Cía. Ltda. se ha visto en la necesidad imperiosa de realizar un cambio en su manera de gestionar la empresa, dando lugar a la alternativa de implementar a la metodología de Seis Sigma.

1.5.1 Aplicación de Seis Sigma

Si los clientes están reclamando la calidad y la confiabilidad de los productos, o la calidad del trabajo o de los servicios, las organizaciones probablemente precisarán hacer una amplia evaluación de las siguientes señales:

- Pérdida de mercado
- Gastos exagerados
- Facturas no pagadas en el plazo, debido a reclamos de los clientes
- Relación de informes internos con errores
- Previsiones no confiables
- Presupuestos frecuentemente sobre facturados
- Proyectos de productos extremadamente difíciles de ser producidos
- Tasas de desechos muy altas e incontrolables
- Reparos en producto aceptables como actividades normales del producto

1.5.2 Cero incremento del personal

No es necesario nuevo personal para alcanzar el nivel Seis Sigma. Uno de los objetivos de Sistema Seis Sigma es promover un cambio cultural en la organización y preparar los funcionarios para utilizar una metodología

comprobadamente bien llevada a cabo en otras empresas. Tal preparación no consiste en entrenar apenas algunas personas, sino a la organización entera, haciendo que todos perciban que se puede mejorar la calidad. No se trata de delegar la calidad a algunos funcionarios o a algunos pocos especialistas. Se trata de enseñar nuevos métodos, técnicas, herramientas y medidas, y poder demostrar a todos cómo se las utiliza, para que puedan entender la relevancia del Sistema Seis Sigma para los trabajos que desenvuelvan.

1.5.3 Vencer resistencias y ganar aliados

Para superar eventuales resistencias y conseguir aliados, es preciso iniciar un cambio en toda la organización. Un cambio más crucial en una organización para implementar el Sistema Seis Sigma como éxito, es que el liderazgo gerencial - el staff - esté ya convencido que el Sistema Seis Sigma es la solución para mover los negocios.

Como la alta dirección lidera el cambio cultural con dirección al Sistema Seis Sigma, los demás gerentes la seguirán, y ella llegará a los funcionarios envueltos en los procesos administrativos, de servicios y de fabricación.

2. Evaluación del sistema actual

2.1 Análisis del Entorno

2.1.1 Entorno Macroeconómico

2.1.1.1 Factores Políticos

El Ecuador, al ser un país caracterizado por la inestabilidad política, ha generado incertidumbre en cuanto a las leyes que lo rigen, logrando que la industria se vea afectada.

Con la llegada del nuevo gobierno, el país sufre constantes cambios, provocando que existan conflictos entre las medidas adoptadas por el nuevo gobierno y la industria. Los problemas de mayor relevancia son las decisiones del presidente en cuanto a las políticas que va a adoptar, generando un ambiente de inseguridad.

La incertidumbre del nuevo gobierno, conlleva a una inseguridad en cuanto a las nuevas medidas que se van a tomar, cabe destacar, que el gobierno actual está limitado al cumplimiento de favores políticos, pudiendo esto ayudar a ciertos sectores de la industria, perjudicando al alto porcentaje de empresas que desean seguir en el mercado, quienes para poder lograrlo tienen que sujetarse a las disposiciones políticas del nuevo gobierno.

La centralización del poder hace que la libertad se vea limitada, logrando que no exista una verdadera democracia, afectando a la industria poder desenvolverse con libertad.

2.1.1.2 Factores económicos

Al igual que en la política, la economía ecuatoriana es muy frágil, por lo que todo tipo de cambio afecta directamente a la industria y al pueblo en general.

Una consecuencia de esta inestabilidad económica, es la limitada falta de inversión extranjera debido a que el Ecuador es conocido como un país con alto porcentaje de riesgo. Esta inestabilidad económica provoca que empresas como DIMABRU Cía. Ltda. no sean atractivas para inversionistas internacionales.

Siendo el dólar la moneda oficial, los productos ecuatorianos no son competitivos en precio en los mercados internacionales especialmente con los países que cuentan con monedas en constante devaluación, ocasionando que sus productos sean más baratos. La adopción del dólar ha provocado el encarecimiento de los productos limitando sus exportaciones; para enfrentar este problema, los productores deben satisfacer las necesidades del consumidor.

Las tasas de interés y el precio son de gran importancia para el desarrollo del mercado ecuatoriano, por lo que sí existe un alza general de precios de los factores de producción y materia prima, los productos encarecerán. En el caso de DIMABRU Cía. Ltda. el alza en los precios de los insumos generaría un incremento en los costos de producción y por lo tanto del precio de producto, afectando al mercado y haciendo que se incremente el consumo de la amplia gama de productos sustitutos.

Ingeniería de la Producción

En caso de una variación de tasas de interés, la economía se vería afectada, porque para muchas empresas, estas tasas no van a ser atractivas y va a afectar sus futuras inversiones. En el caso particular de DIMABRU Cía. Ltda., un alza en las tasas de interés le perjudicaría al momento de solicitar un préstamo, ya que podría verse incapacitada en cuanto al pago del mismo.

2.1.1.3 Factores Sociales

Ecuador es una república presidencialista cuyo gobierno se elige democráticamente. El país está conformado por 22 provincias distribuidas en las cuatro regiones: Sierra (10), Costa (5), Amazonía (6) y las Islas Galápagos. La población del Ecuador asciende a 12'1156.608 habitantes, y en Quito, su capital, habitan 1'839.853 personas provenientes de todas las regiones del Ecuador³. La moneda oficial es el dólar.

En los últimos años, la inmigración se ha convertido en un factor determinante en el desarrollo social del Ecuador.

Después de haber vivido una crisis económica durante varios años, los ecuatorianos han desarrollado nuevas formas de sobrevivir, por lo que la inmigración fue una solución a este problema, trayendo como consecuencia que las empresas se hayan visto afectadas por falta de mano de obra. A DIMABRU Cía. Ltda. esta inmigración le afecta directamente ya que la empresa requiere de un alto porcentaje de mano de obra y en caso de que cada vez sea más escasa, va a tener que mecanizar su producción.

³ Fuente: www.inec.gov.ec

Ingeniería de la Producción

Un factor importante en la sociedad ecuatoriana es la necesidad de hacer una diferenciación de grupos sociales para poder enfocar un producto a un grupo determinado, esto ha hecho que la empresa tenga que dividir su mercado y dirigir su producto dependiendo de las necesidades del consumidor y su capacidad de compra.

2.1.1.4 Factores tecnológicos

Los cambios tecnológicos representan una inversión a futuro, pero al mismo tiempo, disminuyen los costos de mano de obra, mecanizando la producción y haciendo a la empresa más competitiva.

Actualmente vivimos en un mundo donde la tecnología es un factor primordial para el desarrollo tanto de la industria como de la empresa, por lo que si no se cuenta con tecnología no se puede ser competitivo en el mercado. Si la empresa no está a la par con los cambios tecnológicos tendrá una serie de desventajas que le llevarán a perder su mercado.

DIMABRU Cía. Ltda. cuenta con maquinaria de última tecnología lo que le da una ventaja competitiva frente a sus competidores.

2.1.1.5 Factores ambientales

La falta de un control ambiental en el Ecuador, da lugar a que las empresas no tengan normas técnicas para la elaboración de productos, provocando que la contaminación en sectores industriales sea cada vez mayor.

Ingeniería de la Producción

Las leyes ambientales a futuro afectarían a las empresas debido a que éstas tendrían que cambiar sus procesos productivos e incluso sus materias primas.

DIMABRU Cía. Ltda. se encuentra ubicada en una zona industrial, cumpliendo así, los requisitos para la producción de sus artículos, pero no cumple con las normas internacionales para la protección del medio ambiente, por lo que esto podría representar un problema a futuro.

2.1.1.6 Factores culturales

Aun cuando los productos de DIMABRU Cía. Ltda. no son parte esencial de la canasta básica, estos existen en todos los hogares debido a que en la cultura ecuatoriana, no es usual lavar la vajilla en lavaplatos, al contrario, se lo hace de manera manual y es por esto que sus productos se hacen imprescindibles.

La cultura gastronómica latinoamericana emplea mucho el uso de los fritos, por lo que es inevitable tener artículos de limpieza como los que DIMABRU Cía. Ltda. produce.

La limpieza en los hogares ecuatorianos es tradicionalista, es decir, muchos prefieren la limpieza de forma manual y personal, por lo que los productos que fabrica DIMABRU Cía. Ltda. son necesarios.

2.1.1.7 Factores legales

En la actualidad, todas las industrias se han visto perjudicadas por la inestabilidad de las leyes, especialmente las que protegen al trabajador.

DIMABRU Cía. Ltda. también se ha visto afectada debido a que posee un alto

porcentaje de mano de obra, sobre todo, en la parte productiva (embalaje), por lo que una variación en las leyes genera inestabilidad en cuanto al desarrollo de la empresa.

El Ecuador tiene un gran problema en cuanto al manejo de su legislación, es tan cambiante, que las empresas han tenido que informarse de las modificaciones que se han hecho por cuenta propia, e ir adoptando los cambios que sean necesarios para no violar la ley.

Esta inestabilidad ha generado una serie de desventajas para la industria en general, por lo que al igual que otras empresas, DIMABRU Cía. Ltda. se ha visto afectada de forma directa, teniendo que hacer continuas variaciones, alterando su estabilidad en cuanto a la formación legal de la empresa. Las modificaciones que continuamente se hacen han logrado que se genere un ambiente en el que la información es de vital importancia.

2.1.2 Análisis del microentorno

2.1.2.1 La empresa DIMBRU Cía. Ltda.



En sus inicios, hace aproximadamente 25 años, la empresa DIMABRU Cía. Ltda. empacaba la fibra limpia vajillas, la cual le era entregada cortada; y elaboraba el limpia vajillas mixto (fibra y esponja) de manera artesanal, para posteriormente colocarles etiquetas y proceder a su distribución a nivel de las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca. Posteriormente fue incorporando nuevos productos los cuales eran básicamente materias primas de materiales ya procesados para luego ser empacados y embalados.

Ingeniería de la Producción

Debido a la evolución y desarrollo del negocio, DIMABRU Cía. Ltda. se ha expandido con el pasar de los años de manera considerable, a tal punto que en la actualidad la empresa produce sus propios productos con materia prima de primera calidad, contando en la actualidad con planta industrial, instalaciones, vehículos y maquinaria.

Hoy por hoy, DIMABRU Cía. Ltda. cuenta con cinco marcas diferentes de productos similares y al rededor de 50 productos todos bien definidos para satisfacer las necesidades específicas de sus distintos mercados. Es muy importante resaltar que DIMABRU Cía. Ltda. esta proyectada a la elaboración continua de nuevos productos.

La Planta industrial esta básicamente dividida en tres sectores: 2 de ellos destinados a la elaboración y procesamiento de la materia prima y el tercero únicamente para el embalaje de los productos terminados. La parte administrativa esta dirigida por el gerente general y cuenta con un Jefe Nacional de ventas que es el principal encargado de visitar y vender el producto a los distribuidores.

DIMABRU Cía. Ltda. hoy en día, se ha constituido en el líder del mercado nacional, contando con el 65% en el mercado ecuatoriano y un promedio de 90 distribuidores en las provincias más importantes del país. Actualmente, DIMABRU Cía. Ltda. abre su línea al mercado internacional, principalmente en Perú y Colombia, para donde se destina aproximadamente un 30 por ciento de su producción.

2.1.2.2 Misión

“Conservar el liderazgo consolidado en el mercado ecuatoriano. Satisfacción de nuestros clientes a través de la implantación de tecnología de punta, el desarrollo y capacitación de nuestro personal y la correcta aplicación de los más altos estándares de calidad y excelencia para la fabricación de los productos.”

2.1.2.3 Visión

“Ser una Empresa permanentemente generadora de riqueza, con liderazgo nacional. Obtener clientes satisfechos con el producto que se vende; distribuir adecuadamente los productos según su presentación y calidad, verificando el cumplimiento de políticas y procedimientos. Identificar nuevos mercados y atraer clientes para incrementar las ventas en diferentes plazas a nivel nacional e internacional, siendo innovadores en la fabricación y comercialización de nuestros productos de limpieza“.

2.1.2.4 Principales actividades de la empresa

La empresa se dedica principalmente a la producción y distribución al por mayor de artículos de limpieza para el hogar con materia prima importada combinando variedad e innovación bajo las marca ESTRELLA, LIS, FORTE, DON BRILLO, ZENTELLA.



2.1.2.5 Principales productos de la empresa

Entre los principales productos están:

- Viruta de piso
- Esponjilla metálica
- Estropajo de alambre
- Estropajo plástico
- Fundas para basura
- Esponja mixta
- Esponja súper brillo
- Esponja dorada para teflón
- Esponja de bronce
- Esponja plata
- Fibra verde
- Fibra negra
- Fibra de colores
- Fibra absorbente
- Cera para pisos
- Crema lava vajillas
- Guantes
- Escobas
- Trapeadores
- Cepillos



Siendo las esponjillas metálicas el producto de mayor producción y aceptación a nivel nacional e internacional.

2.1.2.6 Sus Clientes

DIMABRU Cía. Ltda. ofrece sus productos al mercado nacional, regional y local, es decir, se encuentran en las principales ciudades del país, como son: Quito, Guayaquil, Cuenca y Manta. También se distribuye los productos en las ciudades de Ambato, Riobamba, Loja, Portoviejo, Tulcán, Huaquillas, con más de 120 distribuidores, entre los cuales podemos destacar SUPERMAXI, Comisariatos SANTA MARIA, entre otros.

En sus dos últimos años DIMABRU Cía. Ltda. estableció relaciones comerciales con Colombia y Perú para la exportación de una gran variedad de productos de limpieza y actualmente los productos están llegando hasta Bolivia y Brasil mediante distribuidores en Perú.

2.1.2.7 Proveedores

DIMABRU Cía. LTDA. cuenta como principal proveedor para la fabricación de esponjillas de acero a Ideal Alambrec, el cual fue elegido luego de descartar a Adelca por la calidad del material. Siendo estos dos los únicos proveedores de alambre en el país.

Debido a su amplia gama de productos, se ha visto en la necesidad de tener distintos proveedores de materia prima para cada uno de sus productos. La relación entre la compañía y sus actuales proveedores está en proceso de fortalecimiento.

Ingeniería de la Producción

Dependiendo de la materia que requiere el producto, DIMABRU Cía. Ltda. tiene proveedores nacionales e internacionales, los cuales se detallan a continuación en la figura 2.1.

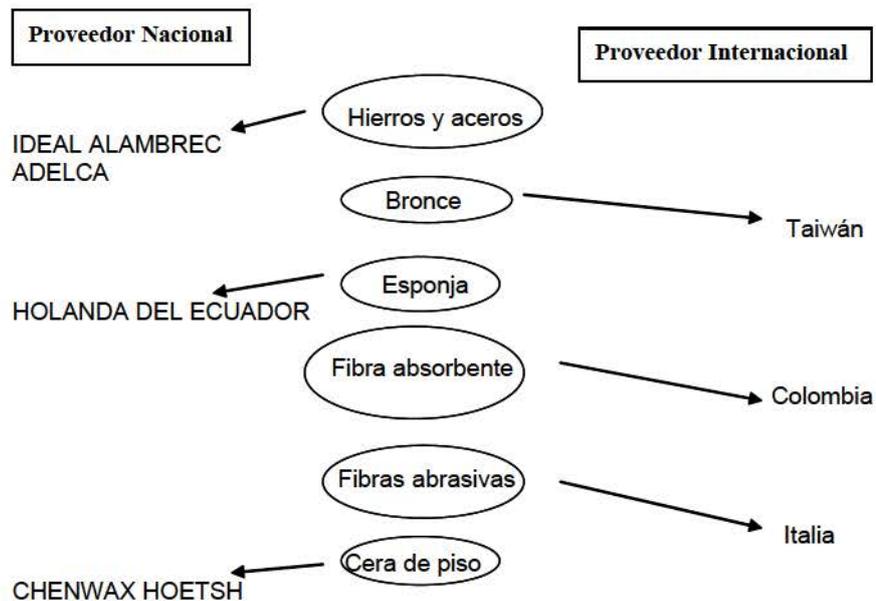


Figura 2.1 Clasificación de proveedores por origen

2.1.2.8 Competencia

La empresa cuenta con tres competidores directos que a pesar de que no son fabricantes en el Ecuador, importan productos de limpieza afectándola directamente y éstos son:

- Scotch Bride (EEUU)
- Valerina (Brasil)
- 3M (EEUU)
- Productos chinos varios

Adicionalmente, en el Ecuador existen dos empresas que están dentro de esta industria, quienes cuentan con la misma capacidad de DIMABRU Cía.

Ltda., pero no representan una competencia tan directa en el mercado como las empresas anteriormente mencionadas. Estas empresas son:

- Marte Industrias (Lustre)
- Artime S.A. (Diamante)

2.2 Orientación del producto

La satisfacción del Consumidor es un concepto crítico en el pensamiento del Marketing y las investigaciones que se llevan a cabo para saber más a cerca



de los consumidores. Se argumenta que si generalmente los consumidores están satisfechos con el producto o servicio, ellos lo comprarán y usarán probablemente en mayor cantidad y comentarán a otros de su favorable experiencia con dicho producto o servicio. Si ellos están insatisfechos, probablemente lo cambiarán y se quejarán a los fabricantes, a los vendedores u a otros consumidores; lo que podría ser perjudicial para la empresa en términos económicos de imagen y publicidad.

Al identificar las variables que determinan el nivel de satisfacción de los consumidores, las Empresas obtendrán una importante herramienta de retroalimentación, que les permitirá desarrollar sus actividades de la manera más eficiente y rentable.

A continuación en las tablas 2.1, 2.2 y 2.3 se destacan las características principales que el producto que ofrece.

Ficha de producto	
Producto semielaborado	Lana de acero
Nombre común producto terminado	Esponjillas de alambre
Nombre técnico	Fibra abrasiva metálica
Partida arancelaria	No 7323100000 (Lana de hierro o acero, estropajos, fibras y artículos similares para limpiar o usos análogos)
CIU. (Clasificación internacional industrial uniforme)	No D 2899.00 (Fabricación de artículos hechos de alambre)

Tabla 2.1 Ficha técnica del producto.

El alambroón con el que se produce la lana de acero se compone químicamente de:

Carbono	0.06 - 0.0411
Manganeso	6.65 - 1.10
Silicio	< 0.20
Fósforo	< 0.060
Azufre	< 0.30

Tabla 2.2 Composición química del alambre para trefilación.

Las propiedades físicas que el producto ofrece son:

Peso específico	
Esponjilla gruesa	8 gramos
Esponjilla delgada	6 gramos
Volumen aparente	110 - 150 ml/100g
Volumen comprimido	75 - 100 ml/100g
Forma	Lana
Color	Gris metálico

Tabla 2.3 Propiedades físicas del alambre para trefilación

2.2.1 Principales usos del producto

La esponjilla de lana de acero se la puede utilizar en diferentes tareas de limpieza, ya sea en el hogar, restaurantes, locales de comida rápida, entre otros, donde el producto pueda desarrollar todas sus particularidades para lo que fue elaborado.

La esponjilla de lana metálica como, comúnmente se lo conoce, sirve para sacar las grasas pegadas en la estufa, las manchas negras en las uniones de los azulejos, para eliminar el tizne de los asientos de las ollas y en una serie mas de actividades, así como también, las no relacionadas a la limpieza del hogar como son:

- Pulir o limpiar las zonas de metales y accesorios a los que se pretende soldar
- Elimina las oxidaciones en distintos metales
- Acabado de la madera antes de barnizar o pintar
- Limpieza y fregado
- Eliminación de cera vieja
- Extracción de polvo y manchas
- Remoción de pintura de superficies de metal
- Trabajos de artesanía
- Cristalizado de los suelos de mármol
- Limpieza de parrillas

2.2.2 ¿Cuánto producto se oferta?

En el año 2005 se trefiló una cantidad de 170 toneladas de alambre de acero, el cual dio como resultado 22'000.000 de unidades de esponjilla.

2.2.3 ¿Qué espera el cliente? (Anexo 3)

- Buena calidad
- Durabilidad
- Buena presentación
- Precio
- Alcance
- Práctico
- Uniformidad
- Garantía
- Buen empaque
- Producto sin óxidos u otros residuos

2.2.4 Duración de la esponjilla metálica

Una esponjilla dura un día si se la usa en su totalidad pero lo que la mayoría de personas hace, es cortarla en tres pedazos diferentes.

2.2.5 Cualidades de la esponjilla

- Saca brillo
- No raya los objetos de metal
- Adecuado para la limpieza de Pirex

2.2.6 Tiempo de uso

- Una familia ahorradora del producto ocupa 3 esponjillas a la semana
- Un máximo de 12 esponjillas mes
- Para 4 ollas, 2 sartenes de aluminio
- Limpieza de hornillas.
- Dura un día si se la escurre bien el agua o máximo dos

2.2.7 Costo para una familia

El paquete de esponjillas de 6 unidades tiene un precio de venta al público en tienda de 12 centavos, representa un gasto para el usuario de 24 centavos al mes, precio bastante asequible para el mercado ecuatoriano.

2.2.8 Nuevas tendencias del producto

Un nuevo producto que contenga jabón sería práctico para viajes, parrilladas, etc.

2.2.9 Peligros del producto

- Los niños lo pueden ingerir
- Puede cortar la mano

3 Diseño y preparación para la implantación Seis Sigma

3.1 Compromiso de la dirección y personas involucradas en el proceso

De acuerdo a la comunicación descrita en el anexo 1, se informó a las personas involucradas en el proceso, como la metodología Seis Sigma ayudará y beneficiará algunos puntos clave de la empresa, como la reducción de costos, disminución de desperdicio, mayor satisfacción del cliente, entre otros, que traerán como consecuencia mejora para la empresa.

3.2 Recursos necesarios para la implantación

Antes de establecer los recursos necesarios que la empresa necesita, hay que reconocer la necesidad de emprender un cambio organizacional importante, que apoyado por la estrategia Seis Sigma produzca los cambios requeridos que garanticen la permanencia en el tiempo de la organización. En segundo lugar el apoyo y soporte decidido de la alta Gerencia y Directiva de la organización que promueva, incentive y guíe en el desarrollo de cada una de las etapas de esta estrategia, además del compromiso incondicional para asegurar el éxito.

3.2.1 Recurso Humano

Un punto esencial para la implantación de una metodología Seis Sigma es el recurso humano, siendo este el factor clave y decisivo para el buen

funcionamiento del mismo, por esta razón, la compañía debe informar adecuadamente a todos sus empleados y aportarles sobre la formación necesaria en función de su nivel de participación.

Se dictaron cursos prácticos de capacitación a las personas involucradas en el proceso, este curso fue dictado por el implantador de la metodología y realizador de esta tesis, hacia algunos miembros de la compañía desde lo más básico a lo avanzado, dependiendo del cargo de la persona, como se muestra en la tabla 3.1.

Departamento o división	Nivel	Básico	Medio	Alto
	Duración	1 Día	3 días	5 días
Ventas y marketing	X			
Exportaciones	X			
Aprovisionamiento		X		
Director de planta			X	
Director de producción			X	
Director de calidad			X	

Tabla 3.1 Capacitación al personal involucrado

3.2.2 Recursos tecnológicos

La tecnología en el Seis Sigma será la herramienta que ayudará a resolver problemas y cálculos de manera eficaz, siendo un ordenador, el que manejará los datos e información que servirán para el análisis.

Fotografías y grabaciones serán realizadas como un proceso de rutina, apreciando así los cambios que ocurrirán en el transcurso del proyecto.

3.2.3 Materiales

Los materiales necesarios para la implantación son:

- Calculadoras de mano
- Balanzas
- Cinta métrica
- Cuaderno de apuntes
- Cronómetro
- Computadora



3.3 Planificación Gantt

Esta planificación proyecta el trabajo que se desempeñará en los próximos 7 meses, el cual podrá estar sujeto a cambios si el caso lo amerita.

		Mes																															
		Junio				Julio				Agosto				septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre							
		semanas																															
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Charla seis sigma a directores de planta																																
	Charla seis sigma otras áreas																																
	Charla seis sigma directivos y sponsors																																
	Plan de ejecución 9 s de calidad																																
	Cambios 9 s de calidad																																
	Evaluación 9 s de calidad																																
Definir	Programa de mejoras																																
	Revisión de puntos críticos de calidad																																
Medir	Diseño del plan de control																																
	Diseño de hojas de control																																
	Muestras y tamaños de muestra																																
	Recolección de datos																																
Analizar	Análisis de resultados																																
	Informe de resultados																																
Mejorar	Puntos nuevos a corregir																																
	Re-diseño de control																																
	Análisis de resultados																																
Controlar	Diseño del seguimiento																																
	Evaluaciones																																
	Resultados																																

Tabla 3.2 Cronograma de implantación

3.4 Programa de mejoras

3.4.1 La calidad puertas adentro "9'S de calidad"

3.4.1.1 Pilares de la calidad

Existen principios básicos para el buen desempeño de un negocio que, independientemente de la cultura en la cual se hayan generado, se pueden considerar por su obiedad "universales"⁴, tal es el caso de la aportación que hacen los japoneses al mundo empresarial (inclusive para la organización personal, familiar, etc.) con lo que en el ambiente de calidad se denomina las 9'S (las nueve eses) por su significado en ese idioma y porque han sido ellos quienes los han implementado de manera sistemática. Lo que son llamados también pilares de la calidad (Figura 3.1).

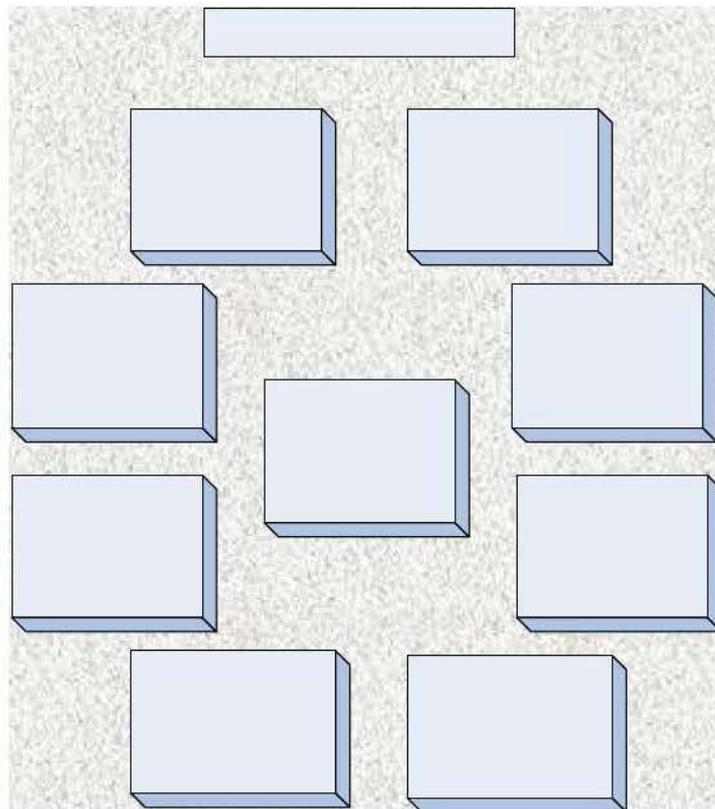


Figura 3.1 Pilares de calidad

⁴ Fuente: www.mailxmail.com/cursos/empresa/9clavescalidad/

Ingeniería de la Producción

Estos pilares son simples, claros y sumamente efectivos porque responden a un cuestionamiento que, de seguro, una persona se enfrenta cotidianamente: "sé que tengo que cambiar para incrementar mi desempeño pero, ¿Qué debo hacer? ¿Qué camino hay que seguir?"

Muchas personas piensan que el ambiente de trabajo es responsabilidad de "la organización", así se preguntan: ¿Qué es lo que la empresa tiene para mí? , olvidando que son los individuos quienes conforman los ambientes y si bien es cierto, la gerencia debe facilitar los medios tangibles e intangibles para generar espacios seguros y adecuados, pero la última responsabilidad recae sobre las personas, pues son éstas las que son o no ordenadas, limpias y organizadas.

Estos pilares tienen una visión general, pues consideran tres grandes apartados que son claves para el desempeño de excelencia:

- El lugar de trabajo y las cosas que lo conforman
- La persona
- La empresa

Por lo cual el primer paso en DIMABRU Cía. Ltda. fue la implantación de un sistema que controle la calidad puertas adentro, para lo cual fue necesario un cambio cultural en todas las personas que conforman la empresa.

A continuación se detectará los problemas, se dará solución y se fundarán pilares sostenibles para la ejecución del proyecto Seis Sigma.

3.4.1.2 Seiri (Ordenar o Clasificar)

Para clasificar es necesario emprender las siguientes acciones:

- IDENTIFICAR aquello que es o no necesario
- SEPARAR lo que es innecesario, excesivo y adicional
- REDUCIR los objetos, utensilios y materiales de poca rotación y uso.



Se ordenó por clases, tipos, tamaños, categorías e inclusive por frecuencia de uso los insumos necesarios para la elaboración de lana de acero, es decir, se ajustó al espacio disponible en planta.

Los beneficios de esta acción son muchos y muy variados, quedan áreas utilizables (cajones, espacios, etc.), los artículos e insumos obsoletos son desechados para hacer más cómodo el espacio vital, se eliminan despilfarros y pérdidas de tiempo por no saber dónde se encuentra lo que se busca.

3.4.1.3 Seiton (Organizar)

Se eliminó del lugar de trabajo todo aquello que sobraba y no tenía una importancia significativa para el trabajo que se desempeñaba en el área; se organizó de



forma metódica, debido a que los empleados de línea propusieron las ubicaciones correctas de cada objeto, logrando los siguientes resultados:

- Se arreglaron las cosas eficientemente de forma que se pueda obtener lo que se necesita en el menor tiempo posible
- Se identificaron las diferentes clases de objetos

Ingeniería de la Producción

- Se designaron lugares definitivos de almacenaje de forma ordenada, lógica, tratando de disminuir el tiempo de búsqueda

3.4.1.4 Seiso (Limpieza o Pulcritud)

Significa desarrollar el hábito de observar y siempre pensar en el orden y la limpieza en el área de trabajo, de la maquinaria y herramientas que utilizan. Se usó el slogan “No es aseado el que limpia, sino el que menos ensucia” del cual se obtienen los siguientes beneficios:

- Con la realización de la limpieza se encuentran situaciones anormales
- Se Mantienen limpios y en buen estado los equipos y las instalaciones
- Cada persona es responsable de la limpieza de su área de trabajo

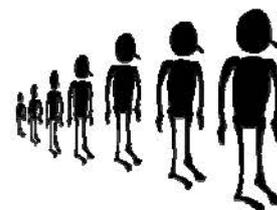
3.4.1.5 Seiketsu (Bienestar Personal O Equilibrio)

El emprender sistemáticamente las primeras TRES "S", brinda la posibilidad de pensar que éstas no se pueden aislar, sino que los esfuerzos deben darse en forma conjunta, y para lograrlo en el trabajo es importante también que la persona esté en un estado "ordenado", lo que significa que hay una simbiosis entre lo que se hace y el estado anímico de la persona.



3.4.1.6 Shitsuke (Disciplina)

Esta acción es la que quizá represente mayor esfuerzo, ya que es puntal del cambio de hábitos; la disciplina implica el apego de procedimientos



establecidos, lo que se considera como bueno, noble y honesto; cuando una persona se apega al orden y al control de sus actos está acudiendo a la prudencia, y la inteligencia en su comportamiento se transforma en un generador de calidad y confianza.

Para mantener la disciplina se debe establecer:

- Continuidad y seguimiento hasta generar un hábito
- Conocimiento que no se aplica, no sirve

3.4.1.7 Shikari (Constancia)

La constancia es voluntad en acción y no sucumbir ante las tentaciones de lo habitual y lo mediocre. Hoy se requieren de personas que no claudiquen en su hacer bien (eficiencia) y en su propósito (eficacia).



3.4.1.8 Shitsukoku (Compromiso)

Esta acción significa ir hasta el final de las tareas, es cumplir responsablemente con la obligación contraída, sin voltear; el compromiso es el último elemento de la



trilogía que conduce a la armonía (disciplina, constancia y compromiso), y es quien se alimenta del espíritu para ejecutar las labores diarias con un entusiasmo y ánimo fulgurantes.

3.4.1.9 Seishoo (Coordinación)

Como seres sociales que somos, las metas se alcanzan con y para un fin determinado, el cual debe ser útil para nuestros semejantes, es por esto que los humanos somos seres interdependientes.



Para lograr un ambiente de trabajo de calidad se requiere unidad de propósito, armonía en el ritmo y en los tiempos.

3.4.1.10 Seido (Estandarización)

Para no perderse es necesario poner señales, ello significa en el lenguaje empresarial, un final por medio de normas y procedimientos con la finalidad de no dispersar los esfuerzos individuales y generar calidad.

3.4.1.11 Beneficios

Para implementar estos nueve principios, fue necesario considerar al personal, desarrollar las acciones pertinentes, inspeccionar paso a paso las actividades comprendidas y comprometerse con el mejoramiento continuo.

Los beneficios de la implantación fueron:

- Evitar la localización y búsqueda mental de modo que lleve solo unos cuantos segundos
- La idea de disminuir a cero el tiempo de localización y búsqueda de cada objeto
- Clasificar todos los recursos que se necesita

Ingeniería de la Producción

- Asignar un lugar para cada objeto de acuerdo a un orden lógico y de fácil acceso
- Control visual en inventarios y almacenes para lograr la cultura del supermercado
- El tiempo en ver que hay dentro de un gabinete es un lapso perdido
- Etiquetar los objetos y el lugar en que se almacenan (letra grande, pocas palabras, colores)

Se Introdujo un método para evaluar estos parámetros la cual consiste en una inspección mensual en las diferentes áreas de la planta. (Tabla 3.3).

Esta inspección además de tener aspectos calidad y 9's abarca temas seguridad industrial y ambiente laboral.

3.4.2 Impresiones de los empleados después de las mejoras

Como consecuencia de la implantación de las 9 s de calidad, todas las secciones que fueron afectadas reaccionaron de inmediato con resistencia a ciertos cambios, una rutina a la que no estaban acostumbrados, y se procedió a dar charlas a los empleados y maquinistas acerca de las mejoras de calidad que ellos iban a presenciar si solo se seguía estos sencillos pasos. De esta forma el equipo se fue adaptando al cambio dando como resultado espacios más amplios, limpieza constante en las áreas y organización de insumos.

Los empleados se dieron cuenta que la calidad de forma de trabajo mejoraba día tras día, haciendo las tareas mas placenteras con ideas planteadas por ellos mismos, así que se decidió formar un *Programa de mejoras propuesto por empleados*, en donde sus ideas lograron ser escuchadas atrayendo de

Ingeniería de la Producción

esta forma, el interés de las personas y motivando la participación de cada empleado de la empresa.

Con este programa de mejoras, los empleados empezaron a colaborar con ideas bastante creativas, las cuales fueron analizadas mediante un método de solución de problemas.

Evaluación de las 5s de la calidad					
Objetivo : Evaluar la zona de trabajo en base a las 5s de la calidad.		10/03/2006			
SEIRI Sacar las cosas innecesarias y descartarlas (ordenar o clasificar)		SI	Poco	Bastante	No
¿Se encuentra cosas desordenadas en su lugar de trabajo?					
¿Hay cajas, papeles y otras cosas en forma desordenada?					
¿Hay equipos y herramientas colocadas en el piso?					
¿Se encuentran todas las cosas retiradas y colocadas en los lugares designados?					
¿Están las herramientas y los soportes adecuadamente colocados y almacenados?					
SEITON Arreglar .Un lugar para cada cosa. Cada cosa en su lugar. (Organizar o limpiar)		SI	Poco	Bastante	No
¿Están los pasillos y lugares de almacenamiento indicados claramente?					
¿Las herramientas y la papelería usadas frecuentemente están separadas?					
¿Están los contenedores y cajas colocadas adecuadamente?					
¿Están los hidrantes y extinguidores realmente accesibles?					
SEISO Limpie su lugar de trabajo completamente (limpieza o pulcritud)		SI	Poco	Bastante	No
¿Están las superficies del piso desaseadas?					
¿Están las máquinas y los equipos desaseados?					
¿Están los cables y tuberías desaseadas o manchados?					
¿Están las boquillas de las máquinas sucias debido a los lubricantes o tintas?					
¿Están las lámparas, focos y reflectores?					
SEIKETSU Mantener un Standard. (bienestar personal o equilibrio)		SI	Poco	Bastante	No
¿Está cualquier uniforme sucio o inadecuado?					
¿Hay suficiente iluminación?					
¿Están el ruido o el calor, en su lugar de trabajo causando malestar?					
¿Está el piso húmedo?					
¿Come la gente solo en los lugares asignados?					
SHITSUKE Revisión (Disciplina)		SI	Poco	Bastante	No
¿Se conducen regularmente los chequeos de 5s?					
¿La gente hace limpieza sin que se le recuerde?					
¿La gente sigue las reglas e instrucciones?					
¿La gente usa su uniforme e implementos de seguridad adecuadamente?					
¿La gente se incorpora a tiempo?					

Tabla 3.3 Cuadro de inspección de calidad global

3.5 Herramientas para la mejora de procesos

Estas herramientas son de uso técnico, pero casi todas son relativamente fáciles de aprender y aplicar siempre en el mismo orden metódico.

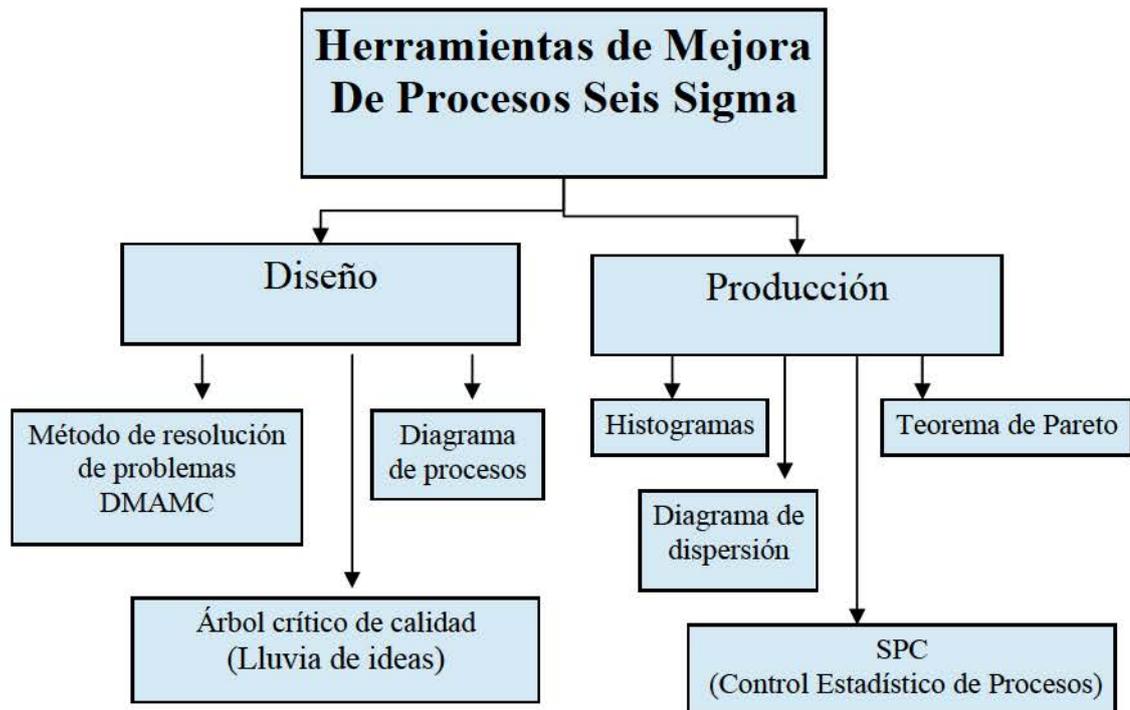


Figura 3.2 Herramientas de mejora Seis Sigma

El diseño para la implantación depende en un gran porcentaje de la planificación y del procedimiento a seguir, derivándose una infinidad de herramientas metódicas y estadísticas, donde se pueden destacar las herramientas de la figura 3.2.

3.5.1 Método de resolución de problemas DMAMC

Este método muestra las fases a seguirse en un proceso Seis Sigma en busca del mejoramiento continuo (Figura 3.3) y las acciones que se toman en cada una de las fases. (Véase también Cáp. 1.3.8).

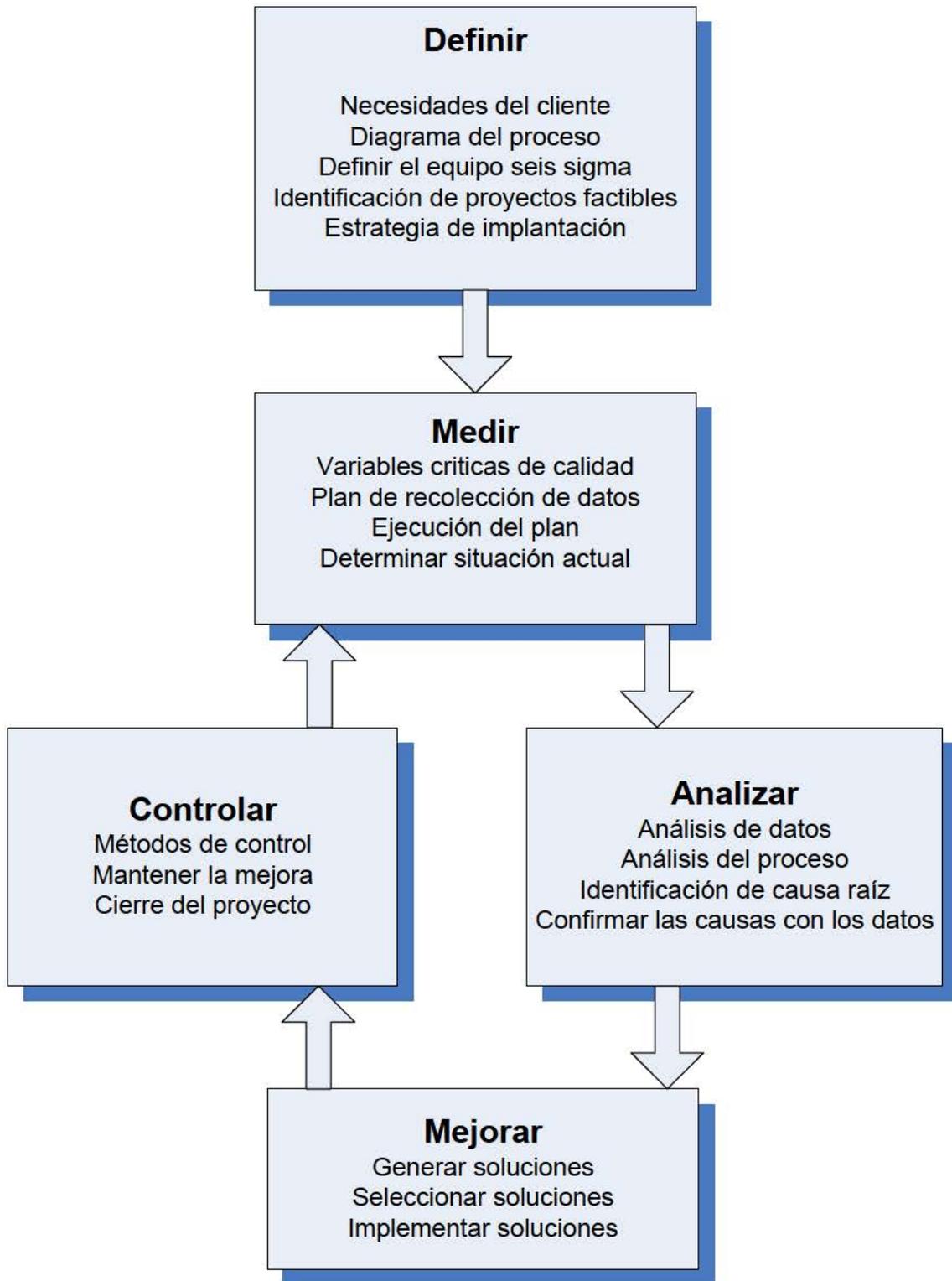


Figura 3.3 Método de resolución de problemas DMAMC

3.5.2 El árbol crítico para la calidad (Etapa definir)

Usado en la fase de definición del problema, donde se busca mediante una tormenta de ideas los requisitos y necesidades del cliente.

3.5.3 Diagrama del proceso (Etapa Medir)

Un diagrama de proceso muestra la ruta que sigue una acción en el tiempo pasando por las diferentes etapas.

Un diagrama esta compuesto de tres fases:

- 1._ Se define el proceso generalizado (Definir)
- 2._ Grafica del proceso generalizado (Analizar)
- 3._ Nuevo diagrama propuesto (Mejorar)

3.5.4 Histogramas (Etapa Analizar)

El histograma sirve para poder observar fácilmente los datos obtenidos del muestreo. De esta forma se puede ver la tendencia central del proceso y la variación que éste ha producido.

3.5.5 Diagrama de Pareto (Etapa Analizar)

El diagrama de Pareto sirve para entender cuales son los defectos que mas daño causan al proceso mediante su regla 80 – 20, que quiere decir que unos pocos elementos (el 20%) generan la mayor parte del defecto (80%).

3.5.6 Diagrama Causa Efecto (Etapa Analizar)

Con esta herramienta muy sencilla se puede llegar a solucionar problemas de raíz, mediante lluvia de ideas y clasificación de causas del problema.

3.5.7 Diagrama de dispersión (Etapa Controlar)

El diagrama de dispersión enfoca descriptivamente la tendencia de dos variables guiados mediante la unión de puntos representados en un gráfico. De esta forma se puede seguir el rastro de datos periódicamente.

3.5.8 Límites de control (Etapa Controlar)

Los límites de control son usados para mantener un proyecto dentro de sus tolerancias, indicando de forma gráfica, como ha evolucionado la variabilidad de un proceso en el tiempo.

4 Implantación de Seis Sigma en DIMABRU Cía. Ltda.

4.1 Etapa definir

4.1.1 Búsqueda de necesidades del cliente

Disponer de productos necesarios para la limpieza de la cocina es imprescindible, ya que es escenario de múltiples actividades, siendo una de las áreas de la casa que más se ensucia a lo largo del día. Es allí, donde se efectúan muchas de las tareas domésticas que implican desordenar y ensuciar su entorno; es el lugar donde se prepara la comida donde deben existir normas de higiene básicas.

Al ser un producto de fácil acceso a familias de todas las clases sociales, no existe una restricción para dejar de emplearlo, su uso es general y común. También se lo utiliza para otras aplicaciones, pero en menor volumen, tales como: carpintería, mecánicas, entre otros.

Para conocer las necesidades de nuestros clientes es necesario fijarnos en las actividades que se realizan cotidianamente en la cocina y que situaciones contribuyen a ensuciarla, allí preparamos las comidas del día, para ello, prendemos fuego u otros electrodomésticos como el microondas y el horno, todos los elementos que intervienen en el proceso de guisar deben ser limpiados después. Para asear la cocina, es indispensable contar con un producto limpia vajillas, desengrasante o limpiador multiusos para fregar las placas o los contornos.

La esponjilla metálica es un producto diseñado y creado para ser utilizado en la limpieza del hogar y básicamente en la cocina. Las amas de casa todos los días deben lavar sus vajillas por la mañana, tarde, noche, es decir, que el

Ingeniería de la Producción

producto es usado posiblemente por la mayoría de gente tres veces al día y todos los días de la semana.

La demanda de este producto es alta, debido a su buena calidad y presentación. Su buena imagen, no solo se ve reflejada en la esponjilla, sino también en los otros productos que ofrece DIMABRU Cía. Ltda.

Se realizó una encuesta en tiendas de barrios para medir el nivel de aceptación del producto y de igual forma promocionarlo, (anexo 2 y 3).

La demanda de este producto satisface al cliente, en su presentación, uso, y textura, tiene excelente acogida.

Los clientes de DIMABRU Cía. Ltda. compran esponjilla metálica al por mayor y se muestran preocupados con el peso de cada unidad; si el producto es pesado obtendrán menos cantidad de unidades por despacho y si es liviano el producto optará por deformarse.

Para clientes internacionales, la esponjilla metálica es empacada en cajas de 15 Kg. \pm 15% para evitar su deformación en el transporte, pero existieron reclamos, uno de ellos manifestó que el producto llegaba sin forma con variación en el peso de cada unidad. (Figura 4.1, 4.2 y 4.3).

Se obtuvo algunas muestras de la variación en unidades de esponjilla, en aspectos como: peso, forma, tamaño, empaque, etc. lo que conllevó a aceptar la necesidad de cambio y a la búsqueda de solución a los problemas.



Figura 4.1 Esponjilla deforme



Figura 4.2 Variación en peso y forma de esponjilla



Figura 4.3 Esponjilla de exportación en mal estado

4.1.2 Diagrama del proceso

El diagrama SIPOC es una herramienta usada para identificar todos los elementos importantes que servirá para la mejora del proceso antes que éste comience, además ayudará a definir la complejidad del proyecto a gran escala.

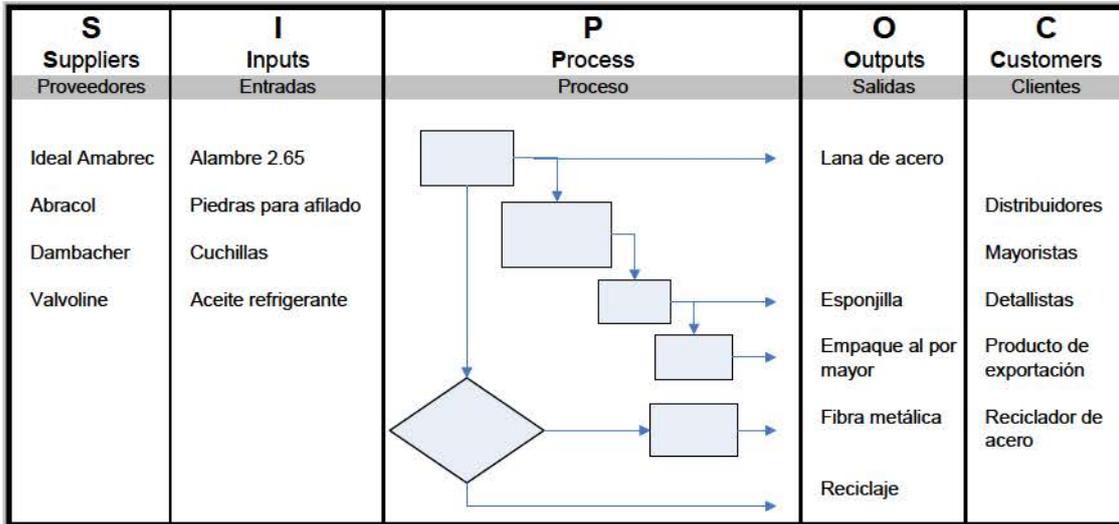


Tabla 4.1 Diagrama SIPOC

La tabla 4.1 muestra de forma global el transcurso del proceso para elaborar lana de acero (producto semi-elaborado) y esponjilla (producto final), el cual estará muy presente en la definición de los problemas a solucionar, se obtendrá respuestas rápidas, y se sabrá de donde y hacia donde va el producto.

Trefilado de alambre 2.65 mm

4.1.3 Mapeo del proceso general

El mapa del proceso de la figura 4.4 muestra el flujo de actividades que se realizan para la elaboración de lana de acero y esponjilla.

Seca
rollos
de a

Es desperdicio reutilizable

No

S

Ingeniería de la Producción

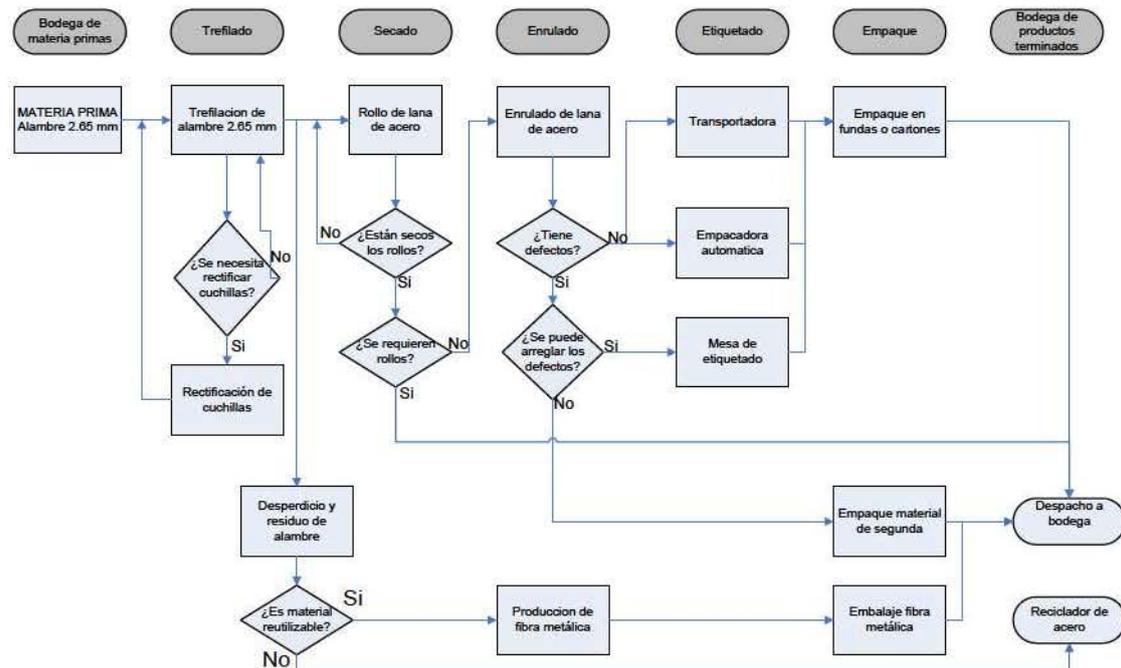


Figura 4.4 Mapa del proceso general

Las primeras actividades del proceso se desarrollan en la zona de materia prima, en la cual el alambre es almacenado (Figura 4.5). El alambre para la trefilación llega con un diámetro de 2.65 mm. en spylers bobinados de 700 a 1000 Kg.

Los spylers son colocados en los porta bobinas de cada una de las máquinas trefiladoras. (Figura 4.6).



Figura 4.5 Alambre para trefilación 2.65mm



Figura 4.6 Carga de materia prima en máquinas

El alambre da varias vueltas a través de una serie de cuchillas que desgarran el alambre convirtiéndolo en una delgada lana de acero. (Figura 4.7).

La fricción por el contacto de los dos materiales metálicos genera calor, por lo tanto estas tienen que ser enfriados con agua y aceite (taladrina).



Figura 4.7 Desgarrado de lana de acero

Del espesor, tipo y medida de las cuchillas dependerá si es gruesa o delgada la lana de acero. Un proceso de apoyo ligado de éste, es de rectificación de cuchillas, que son desgastadas por el paso del alambre.



Figura 4.8 Lana de acero enrollada

La lana de acero ya elaborada es enrollada y almacenada para su secado. (Figura 4.8) Una vez seca, los rollos pasan hacia las máquinas enrolladoras que cortan la lana de acero, la ondulan y la enrollan (figura 4.9), o a su vez se exporta o se vende localmente como material semi-procesado.

Esta máquina puede ser regulada manualmente para que la esponjilla obtenga el peso requerido, la cual varía según el tipo que se requiera producir.



Figura 4.9 Lana de acero cortada y enrollada (Esponjilla)

Existe una esponjilla especial con un peso de 8 gramos y otra económica con un peso de 6 gramos y esponjilla que ha salido con falla es despachada a bodega en bultos para su venta como material con falla.

El producto es tomado de una banda transportadora (Figura 4.10) para ser etiquetado con su respectiva marca en presentaciones de 3 y 6 unidades.



Figura 4.10 Empaque manual (izquierda) y automático (derecha)

Existen grupos de trabajadores que reciben, etiquetan y empaican las esponjillas de alambre a través de una banda transportadora. Cada grupo tiene una meta de producción al día por cumplir.

El grupo “panda” trabaja en equipos de 7 trabajadores quienes alimentan una máquina empacadora automática.

El producto ya etiquetado es empacado para su venta al por mayor, en fundas de 20, 25, y 50 unidades (Figura 4.12) y para su exportación es empacada en cartones (Figura 4.11).

El residuo de alambre al final del proceso es trasladado hacia una máquina que lo ondula y corta, obteniendo así, una fibra metálica que sustituye a la malla electro soldada en pisos, la cual es almacenada en cajas de 20 kg. para su venta tanto nacional como internacional.



Figura 4.11 Empaque de exportación

El residuo restante corresponde a desecho en limadura y polvo de acero como resultado de desgarre del alambre; éste es embalado en sacos y vendido a minoristas para elaboración de otros productos.

Los productos son despachados diariamente.



Figura 4.12 Despacho a bodega

4.1.4 Identificación y selección de proyectos

La dirección considera aprobado el proyecto de mejora Seis Sigma al proceso de trefilación de lana de acero, siendo un plan prometedor en función a la posibilidad de implementación, sin inversión en el proceso, y de resultados obtenibles. Durante esta fase el proyecto se enfoca a un beneficio mutuo tanto para el negocio, como para los clientes.

Para el desarrollo de esta tesis y como plan piloto para la empresa, se procedió a implantar el sistema de 9 S` de calidad como primera fase y el programa de control de calidad de lana de acero y esponjilla.

4.1.5 Preparación del equipo humano de control

Se procede a la formación de los equipos, involucrando a aquellos individuos que tengan los cargos y el conocimiento necesario para emprender estos nuevos planes de calidad. El equipo de calidad esta conformado por tres personas los cuales son capacitadas para que el proyecto pueda extenderse por toda la compañía, los implicados son:

- Director de planta
- Director de producción área1
- Director de producción área 2

La capacitación incluye diferentes aspectos dependiendo de los niveles funciones que cumple dicho personal, capacitando a las personas designadas a niveles más altos para que obtengan más herramientas al momento de tomar decisiones.

Se incluyen aspectos vinculados con el significado y funcionamiento de Seis Sigma, los métodos de resolución de problemas y toma de decisiones, trabajo en equipo, liderazgo y motivación, creatividad, control estadístico de procesos, herramientas de gestión, muestreo, satisfacción del consumidor, calidad y productividad, costo de calidad, supervisión y diseño de proyectos, entre otros.

Ingeniería de la Producción

Se debe informar al personal que trabaja en la línea de producción, el por qué de ciertas modificaciones, por ello se implantó una campaña de orientación para que las personas sean más asequibles al cambio.

Se colocaron carteles informando los beneficios que obtendrían al realizar estos ajustes.

Al personal de la línea de producción se le entregó mejores equipos como: cascos, orejeras, zapatos con punta de acero, visores, guantes y overoles dependiendo del tipo de trabajo.

El personal de la empresa se mostró dispuesto a trabajar por el cambio, colaborando con ideas y soluciones para el progreso.

En el siguiente paso se instalaron los diferentes puestos de control a lo largo del proceso, las personas reaccionaron bien ante los primeros cambios, que por el momento solo consistían en la recolección de datos para su análisis posterior durante un tiempo de 2 semanas (Véase capítulo 4.2 y 4.3).

4.1.6 Estrategia de implantación

La primera etapa consistió en el cambio de paradigmas de los directivos y personal superior de la empresa. Es necesario que eliminen de sus mentes que los errores son admisibles y propios de la producción.

Los directivos más altos de la línea de producción aceptaron la necesidad del cambio en la línea de producción con el fin de mejorar el producto final y la satisfacción del cliente.

El implantar el método de organización de *9 s de calidad* no llevo más allá de dos semanas, ya que cada grupo de trabajo lo hizo dependiendo sus

necesidades y facultades, lo importante fue que cada persona en su línea de trabajo entendiera el por qué del trabajo limpio y seguro, estandarizado antes de entrar en cualquier otro tipo de control.

4.2 Etapa medir

4.2.1 Medir el proceso o producto

La etapa de recolección de datos se midió mediante atributos ciertos aspectos que ayudaran a verificar la calidad de la lana de acero inmediatamente después de salir del proceso de trefilación. Se determinó que esta etapa es muy importante, pues obteniendo una buena calidad en este punto del proceso se podrá asegurar una mejora en el enrollado de esponjilla.

4.2.2 Muestreo

Es la técnica por la cual se toma una porción de la totalidad de los datos disponibles (*muestra*), representando lo que está ocurriendo con todos los datos de la población.

La muestra debe ser representativa del total de los datos, es decir, la muestra tiene que tomarse al azar, garantizando un mayor nivel de confianza.

4.2.3 Tamaño de la muestra

No existen reglas únicas para determinar cual es la cantidad óptima de muestreo, lo que se desea es saber cual es la situación del proceso, ya sea que este cumple muy bien con las especificaciones ó porque su desempeño es malo.

La tabla 4.2 proporciona un método rápido para calcular el número de unidades a muestrear, siempre y cuando, éste no se aplique a productos alimenticios o de un alto régimen de calidad.⁵

Tamaño del lote	Porcentaje a muestrear
60 a 300	10 %
301 a 1 000	5 %
1 001 a 5 000	2 %
Más de 5 000	1 %

Tabla 4.2 Muestreo para la aceptación de variables

Esta tabla aporta un punto de referencia general de lo se pretende hacer, debiéndose considerar factores como el costo del muestreo, antecedentes y decisiones que se quieren tomar.

4.2.4 Tipo de datos

La hebra de lana de acero es medida mediante atributos.

Atributos. Son variables binarias que proponen dos opciones de fallo, es decir: Apagado/ prendido, si / no, mojado / seco, etc.

La esponjilla es medida mediante variables.

Variables. Describen una magnitud numérica que existen en un conjunto, como: Peso, Altura, Velocidad, Fuerza, etc.

⁵ Fuente: HUMBERTO GUTIERRES, ROMAN DE LA VARA, Control estadístico de calidad y seis sigma, Pág. 81

4.2.5 Definiciones del operador

Escuchar la voz del operador conlleva muchas veces a afirmar hipótesis o a descartarlas. Seis Sigma atiende a todas las personas que intervienen en el proceso, pues cada persona en su área sabe empíricamente lo que le ocasiona problemas.

4.2.6 Parámetros a controlar

Las características específicas del proceso que admiten describir mediante un valor numérico a un conjunto de variables que deben ser registradas y analizadas permiten llegar a las causas básicas del problema.

Para llegar a obtener un producto de calidad, primero se debía observar todas las variables x , resumidas en una fórmula elemental, $Y = F(x)$, concluyendo que el producto final deseado Y , es el resultado del efecto de todas las variables que están inmersas en el proceso. ($x_1, x_2, x_3, x_4, \dots$)

Fue necesario empezar controlando dos etapas del proceso. La primera se encuentra después del proceso de trefilación de lana de acero (Primer puesto de control) en donde se obtiene como producto final **Lana de acero**, y en la segunda etapa se analizará la unidad de **Esponjilla** antes de ser etiquetada y empacada (Segundo puesto de control).

Se resuelve de esta forma debido a que estos puntos de control tienen estrecha relación entre sí.

4.3 Medición Seis Sigma

En este capítulo se describen y se desarrollan sistemas de medición de la metodología Seis Sigma aplicadas al proyecto de estudio

Calculo Nivel Sigma		
Rendimiento (%)	NIVEL SIGMA	DPMO
6,68	0	933200
15,87	0,5	841300
30,85	1	691500
50,00	1,5	500000
69,10	2	308537
84,13	2,5	158700
93,32	3	66800
97,73	3,5	22700
99,38	4	6200
99,87	4,5	1300
99,98	5	230
99,997	5,5	30
99,9997	6	3,4

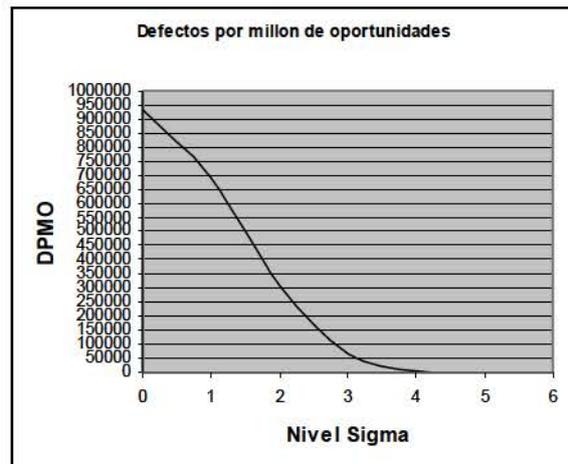


Tabla 4.3 Calculo Nivel sigma

Figura 4.13 Defectos X millón de oportunidades

El cálculo del nivel Sigma a la que trabaja un proceso se mide a través de los defectos ocurridos en un lapso de tiempo por cada millón de oportunidades. El rendimiento de un proceso mide el porcentaje de unidades sin defectos en el mismo. Tabla 4.3 y figura 4.13.

4.3.1 Lana de acero (Primer puesto de control) ★

4.3.1.1 Puntos y variables críticas de la calidad en el producto lana de acero

La figura 4.14 muestra el flujo del proceso para elaborar lana de acero donde un Splyer de alambre de 2.65 mm. de diámetro es cargado en la máquina trefiladora, pasando a través de una serie de cuchillas que al ser puestas en

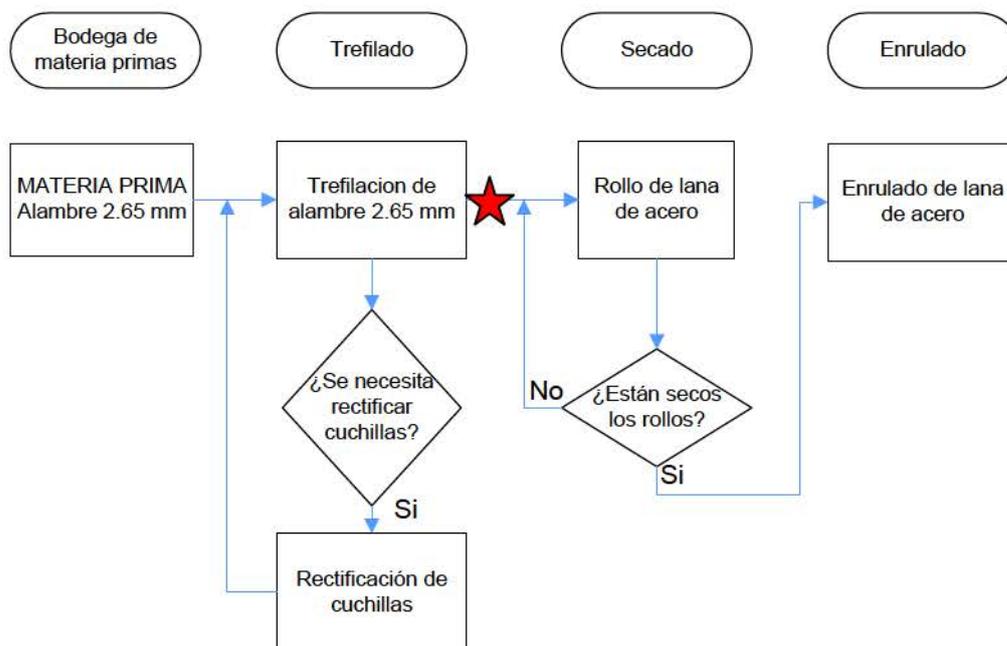


Figura 4.14 Proceso elaboración de lana de acero

contacto con el alambre desgarran finos alambres de acero en una gran cantidad, creando de esta forma la lana de acero.

El proceso de someter dos piezas metálicas en contacto genera mucha fricción y calor, por lo que las partes deben ser enfriadas con un aceite refrigerante, el cual es combinado con agua en tanques, antes de ingresar al sistema de refrigeración de las máquinas.

De igual forma, las cuchillas sufren un gran desgaste requiriendo ser rectificadas constantemente. (10 a 15 min. por cuchilla).

La lana de acero, producto de la trefilación, es enrollado en carretos (Primer puesto de control (figura 4.15), los cuales son almacenados en pilas para su secado durante 5 días.

Ingeniería de la Producción

Una lluvia de ideas permite encontrar una lista de componentes x que podrían tener efecto en la salida Y (*Por qué de la variación*).

Y = Variación en lana de acero

x_1 = Refrigerante contaminado y mal repartido

x_2 = Basura en la trefilación

x_3 = Falta de interés del personal

x_4 = No existe un control que asegure y retroalimente la calidad



Rollos de Lana de acero



Alambre trefilado

Figura 4.15 Puesto de control

Los parámetros a vigilar en este puesto de control son los siguientes:

- Espesor de hilo
- Humedad
- Limpieza en madejas

4.3.1.2 Plan de recolección de datos de lana de acero

Diariamente se trefilan dos toneladas de alambón al carbono para la elaboración de 150 rollos de lana de acero con un peso promedio de 13 kilogramos, en diez tambores de recolección.

Ingeniería de la Producción

Se tomó un día de producción como un lote para determinar la cantidad estimada a muestrear, es decir el 10% del tamaño del lote, quince rollos de lana de acero para esponjilla.

Se tomaron tres muestras diarias a cada uno de los tambores para inspeccionar el estado de los rollos en producción de lana de acero, es decir, se revisaron treinta tambores, lo cual significa el doble del tamaño estimado para obtener mejores resultados a un mayor nivel de confianza.

En la etapa de recolección de datos se midieron mediante atributos ciertos aspectos que ayudarán a verificar la calidad de la lana de acero inmediatamente después de salir del proceso de trefilación. Se determinó que esta etapa es primordial, pues obteniendo una buena calidad en este punto del proceso se podrá asegurar una mejora en el enrollado para la esponjilla.

4.3.1.3 Tipo de medición para *lana de acero*

Los datos del proceso deben ser recolectados y analizados en el punto de control a la salida del proceso de trefilación, registrando la condición del producto según los parámetros (Tabla 4.4).

<u>Atributos</u>	
Mediciones del proceso	Espesor del hilo Humedad Basuras en hebra.
Registro	Bueno (B) / Malo (M)

Tabla 4.4 Atributos de medición para lana de acero

4.3.1.4 Cuadro guía para el control de la calidad de lana de acero

Los pasos para la recolección de datos para la tabla 4.5 fueron:

1. Determinar que es un defecto
2. Determinar que es una oportunidad
3. Determinar el marco de tiempo para recoger los datos

Producto	Lana de acero
Tipo de medición	Atributos
Defectos del producto	Un rollo
Número de oportunidades	Limpieza
	Humedad
	Espesor de hilo
Equipo del proyecto examina	10 a 11 unidades cada 2 horas
Tiempo de recolección de datos	18 días
Máquina	3 máquinas trefiladoras

Tabla 4.5 Guía para el control de calidad

4.3.1.5 Formularios para recoger los datos discretos

En primera instancia se debe determinar claramente que es una unidad, un defecto y una oportunidad, que se asignan en los puntos de control para proceder a la toma de datos (Tabla 4.5).

En la tabla 4.6 se puede observar el formato de la hoja en la cual se recolectan los datos.

HOJA DE VERIFICACION PARA REGISTRO DE DATOS POR ATRIBUTOS

FECHA: _____ HORA: _____

MAQUINA N° 1
MAQUINISTAS:

TIPO DE DEFECTO	N° de tambor					TOTAL
	1	2	3	4	5	
Hilos en madeja						
Exceso de taladrina						
Basuras en madeja						
TOTAL DEFECTOS						

OBSERVACIONES: _____

MAQUINA N° 2
MAQUINISTAS:

TIPO DE DEFECTO	N° de tambor					TOTAL
	1	2	3	4	5	
Hilos en madeja						
Exceso de taladrina						
Basuras en madeja						
TOTAL DEFECTOS						

OBSERVACIONES: _____

MAQUINA N° 3
MAQUINISTAS:

TIPO DE DEFECTO	N° de tambor					TOTAL
	1	2	3	4	5	
Hilos en madeja						
Exceso de taladrina						
Basuras en madeja						
TOTAL DEFECTOS						

OBSERVACIONES: _____

Tabla 4.6 Hoja de registro de datos lana de acero

4.3.1.6 Ejecución del plan primer puesto de control

Una vez establecidos todos los aspectos necesarios para el desarrollo del proyecto, se lo puso en marcha.

Se recolectó la mayor cantidad de datos posibles en los dos procesos para poder evaluarlos y generar soluciones que ayuden a solucionar los problemas.

Se realizó el plan en dos semanas para recoger datos que arrojen la realidad del proceso y su variabilidad en los resultados.

Se establecieron sistemas de información, capacitación y supervisión apropiados al nuevo sistema de mejora.

Se formaron los primeros grupos de trabajo en función de los proyectos seleccionados; dos personas se dedicaron a la recolección de datos.

4.3.1.7 Medición de lana de acero

Los datos tomados para la medición de lana de acero (ver anexo 4) proyectaron los siguientes resultados de la tabla 4.7:

Unidades muestreadas	66
Oportunidades de encontrar un defecto	3
Defectos encontrados	69
DPU	1,04545
DPO	0,34848
DPMO	348.485

Tabla 4.7 Resultados obtenidos en la medición de lana de acero

Unidad
Cada uno de los partes o productos que forman un universo o conjunto sometido a estudio estadístico.

En la elaboración de Lana de acero, cada rollo se considera como una unidad, la cual tiene por lo general, más de una oportunidad de error.

Oportunidad
Cualquier parte de la unidad que pueda medirse o ser sometida a una prueba.

Para el presente estudio se tomaron tres características principales al observar la lana de acero que son: espesor del hilo, humedad, y limpieza en madeja, por tanto, existen 3 oportunidades de encontrar un defecto por cada unidad.

Defecto
Es cualquier anomalía o no conformidad de la calidad específica de un producto.

Se puede deducir entonces el DPU (*defectos por unidad*).

$$DPU = \frac{d}{U}$$

Defectos por unidad (DPU)

Índice que es igual al número de defectos entre las unidades producidas, sin tomar en cuenta las oportunidades de error.

El DPU mide el índice de defectos encontrados en una muestra, donde **U** es el número de unidades producidas y **d** es el número de defectos encontrados en un lapso de tiempo; por lo tanto:

$$DPU = \frac{69}{66} = 1,04545$$

Defectos por Oportunidad (DPO)

Índice que es igual al número de defectos entre el total de oportunidades de error al producir una cantidad dada de productos.

El resultado certifica que cada rollo puede tener uno o más defectos en su proceso.

DPMO (Sigma Madre)

Índice que mide los defectos esperados entre un millón de oportunidades de error, es decir DPO x 1'000.000

Si a esto se lo relaciona con el número de oportunidades de defectos por unidad se obtiene el *DPO (defectos por unidad)*

$$DPO = \frac{d}{U \times O} = \frac{DPU}{O}$$

O es el número de oportunidades de error, que al ser divisor del DPU resuelve el número de defectos sobre el total de oportunidades de error al producir una cierta cantidad de productos.

Por lo tanto si se multiplica por 100 se obtiene una media porcentual real del nivel de no calidad con la que se está desarrollando el proceso, entonces:

$$DPO = \frac{1,04545}{3} = 0,34848$$

Esto representa el **35 %** de probabilidades de error, es decir, defectos en cada producto.

El cálculo para determinar el Nivel Sigma esta dado en base a defectos por cada millón de oportunidades de la tabla de conversión al sistema Seis Sigma. (Anexo 8)

$$\text{DPMO} = \frac{\text{Número de defectos}}{\text{Número de defectos} \times \text{número de oportunidades}} \times 1'000.000$$

$$\text{DPMO} = 1'000.000 \times \text{DPO}$$

$$\text{DPMO} = 1'000.000 \times 0,34848 = \mathbf{348.485} \text{ (defectos} \times \text{millón de oportunidades)}$$

Nivel Sigma = 1.9 (6 máx. – 0 min.)

Una primera medición indica que el proceso trabaja a un nivel Sigma bajo con un rendimiento del 69 % de unidades producidas dentro de especificación, es decir, que el 31 % de los rollos producidos tienen más de un defecto.

4.3.2 Esponjilla (Segundo puesto de control)

4.3.2.1 Puntos y variables críticas de la calidad en el producto esponjilla

Cuando los rollos han reposado por 5 días para su secado, pasan hacia las máquinas enruladoras en donde la lana de acero es cortada, labrada y enrollada, para así obtener cada unidad de esponjilla de acero (Segundo puesto de control), que es transportada por una banda para su empaque manual o automático (figura 4.16). Si el producto no es aceptado, es

recolectado y dirigido a una mesa en donde es dado forma a mano y se le etiqueta; si es muy deforme su estado, es vendido como material de segunda.

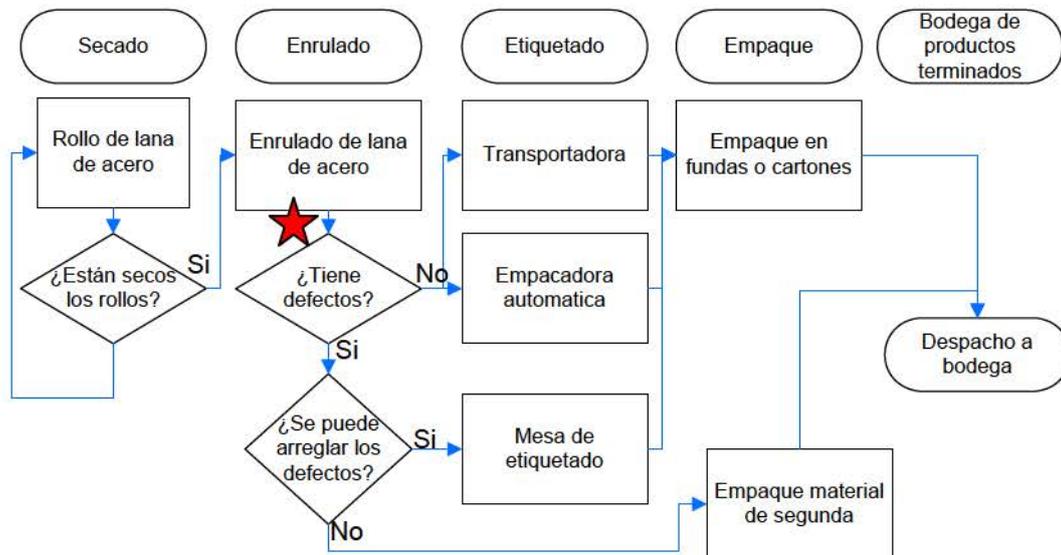


Figura 4.16 Proceso de elaboración de esponjilla

Una lluvia de ideas permitió encontrar factores que inciden en el proceso de enrolado que afectan el peso y la forma de la esponjilla.

Y = Variación en peso de esponjilla

x_1 = Lana de acero en malas condiciones

x_2 = Lana de acero con variación en el peso

x_3 = Falta de control de calidad

x_4 = No existe un control que asegure y retroalimente la calidad

x_5 = Mejor selección del producto en banda transportadora

x_6 = No existen datos estadísticos ni de control

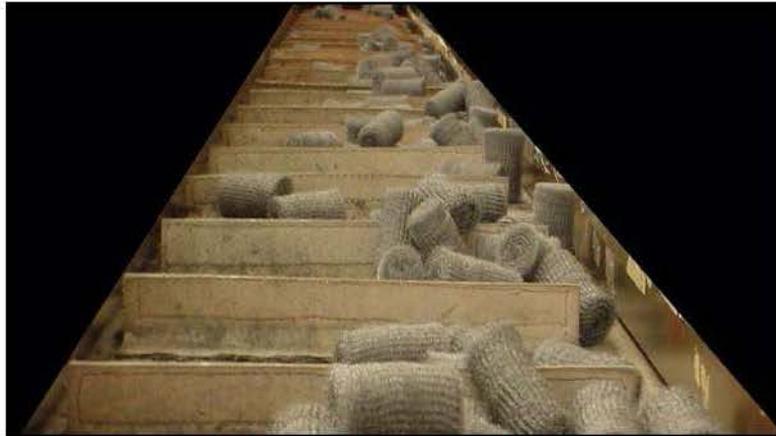


Figura 4.17 Esponjilla en banda transportadora
(Segundo puesto de control)

En el segundo puesto de control se tomaron muestras de esponjillas para determinar su peso promedio, con respecto al estándar.

4.3.2.2 Plan de recolección de datos de esponjilla

En esta etapa se toman al azar 4 muestras de 50 unidades cada una para medir mediante la variable peso, ciertos aspectos que ayudaran a mantener un estándar, la que tratará de garantizar la uniformidad en peso de la esponjilla.

4.3.2.3 Cuadro guía para el control del producto (Esponjilla)

La misma metodología se utilizó para la elaboración de la guía para el control de calidad de esponjilla. (Tabla 4.8)

Producto	Esponjilla de exportación
Tipo de medición	Variables
Defectos del producto	Una esponjilla
Número de oportunidades	Variación en peso
Equipo del proyecto examina	5 unidades cada hora
Tiempo de recolección de datos	15 días
Máquina:	Máquina enrutadora doble

Tabla 4.8 Guía para el control de calidad

4.3.2.4 Formularios para recoger los datos continuos (Variables)

Se utilizó una hoja de comprobación de distribución de frecuencias (ver tabla 4.9), ésta establece el número de veces que ocurre un determinado hecho por cada medición o serie de mediciones, clasificando los datos según el rango en que se encuentren con respecto a la especificación.

HOJA DE VERIFICACION PARA REGISTRO DE DATOS			
DETALLE:		FECHA:	
No DE MUESTRAS	PESO ESTANDAR	6 gr	
	LOTE Nº	<input style="width: 100px;" type="text"/>	

Nº RANGO	PESO EN GRAMOS	HORA DE CONTEO:	FRECUENCIA
1	2,5 - 3,5		
2	3,5 - 4,5		
3	4,5 - 5,5		
4	5,5 - 6,5		
5	6,5 - 7,5		
TOTAL			<input style="width: 100px;" type="text"/>

Nº RANGO	PESO EN GRAMOS	HORA DE CONTEO:	FRECUENCIA
1	2,5 - 3,5		
2	3,5 - 4,5		
3	4,5 - 5,5		
4	5,5 - 6,5		
5	6,5 - 7,5		
TOTAL			<input style="width: 100px;" type="text"/>

Nº RANGO	PESO EN GRAMOS	HORA DE CONTEO:	FRECUENCIA
1	2,5 - 3,5		
2	3,5 - 4,5		
3	4,5 - 5,5		
4	5,5 - 6,5		
5	6,5 - 7,5		
TOTAL			<input style="width: 100px;" type="text"/>

Nº RANGO	PESO EN GRAMOS	HORA DE CONTEO:	FRECUENCIA
1	2,5 - 3,5		
2	3,5 - 4,5		
3	4,5 - 5,5		
4	5,5 - 6,5		
5	6,5 - 7,5		
TOTAL			<input style="width: 100px;" type="text"/>

Nº RANGO	PESO EN GRAMOS	HORA DE CONTEO:	FRECUENCIA
1	2,5 - 3,5		
2	3,5 - 4,5		
3	4,5 - 5,5		
4	5,5 - 6,5		
5	6,5 - 7,5		
TOTAL			<input style="width: 100px;" type="text"/>

Tabla 4.9 Hoja de registro de datos esponjilla

4.3.2.5 Ejecución del plan segundo puesto de control

La ejecución del plan arrojó una gran cantidad de datos, los cuales fueron recolectados con muestras al azar, garantizando que todos los grupos tengan igual probabilidad de entrar en ella, lográndose que estén listos para ser analizados.

4.3.2.6 Medición para esponjilla de acero

A continuación se exponen definiciones básicas para el tratamiento de la información recolectada en el proceso de producción de esponjillas (Tabla 4.10).

Termino	Simbología	Definición
Tamaño de la población	N	Representa el total de la población
Tamaño da la muestra	n	Representa el numero de unidades tomadas para la muestra
Media muestral	X	Se obtiene al sumar una cantidad de datos y el resultado se divide entre el numero de datos
Media del proceso	μ	Se obtiene al sumar <i>todos los datos</i> de la población y el resultado se divide entre el numero de datos
Desviación est muestral	S	Mide que tan esparcidos están los datos respecto a la media
Desviación est proceso	σ	Mide que tan esparcidos están los datos de <i>toda la población</i> respecto a la media
Rango	R	Variabilidad del conjunto de datos, el mayor valor menos en menor valor
Límite de control superior	LCS	Se calcula a partir del la variación máxima conocida de un proceso
Límite de control inferior	LCI	Se calcula a partir del la variación mínima conocida de un proceso

Tabla 4.10 Definiciones estadísticas

Se realizaron muestras de producción de esponjilla, tomando como unidad una esponjilla de una especificación de 6 gramos con $\pm 15\%$ de tolerancia, es decir, que 6.9 gramos para la especificación superior y 5.1 para la inferior (Ver anexo 5).

Los datos principales que proyectó esta medición fueron:

Símbolo	Descripción	Resultado
n	Tamaño de la muestra	5
U	Promedio proceso	5,33367
X	Promedio muestral	5,33367
S	Des est proceso	0,47764
σ	Des est muestral	0,45988
z	Número de desviaciones estándar normales	3
σz	Dev est de la media de las muestras	0,21361
Raíz de n		2,23607
LCS		5,97449
LCI		4,69284

Tabla 4.11 Resultados obtenidos en la medición de esponjilla

Los resultados de la medición (Tabla 4.11) muestran que el promedio en peso de una esponjilla es de 5.33 gramos, un poco bajo para el estándar de 6 gramos con una variación de 0.4 gramos en el proceso.

4.3.2.7 Otras métricas Seis Sigma

Índice Cp.
 Compara la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real e indica la calidad.

Existen índices que Seis Sigma utiliza para obtener datos más complejos y ser analizados en una campana de Gauss.

El índice Cp. indica la calidad a la que el proceso esta trabajando al tomar una muestra a corto plazo.

Índice Cpk.
 Valora la capacidad real de un proceso, tomando en cuenta la variación y el centrado del proceso.

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

$$C_p = \frac{6.9 - 5.1}{6 (0,47764)} = 0.6281$$

$$C_{pk} = \frac{u - EI}{3 \sigma}$$

$$C_{pk} = \frac{ES - u}{3 \sigma}$$

El índice Cpk actúa analizando la capacidad, los límites y el centrado del proceso. Se escoge el valor más bajo entre las dos fórmulas y se puede convertir al sistema sigma del anexo 8.

$$C_{pk} = \frac{5.33367 - 5.1}{3 (0.47764)} = 0.1631$$

Nivel sigma corto plazo = 0.5

Nivel sigma de corto plazo
Valora la capacidad real de un proceso, tomando en cuenta la variación y el centrado del proceso.

El nivel sigma representa que existen 841.345 defectos por cada millón de oportunidades (DPMO), es decir que sólo el 31.29% de las unidades muestreadas están dentro de la especificación.

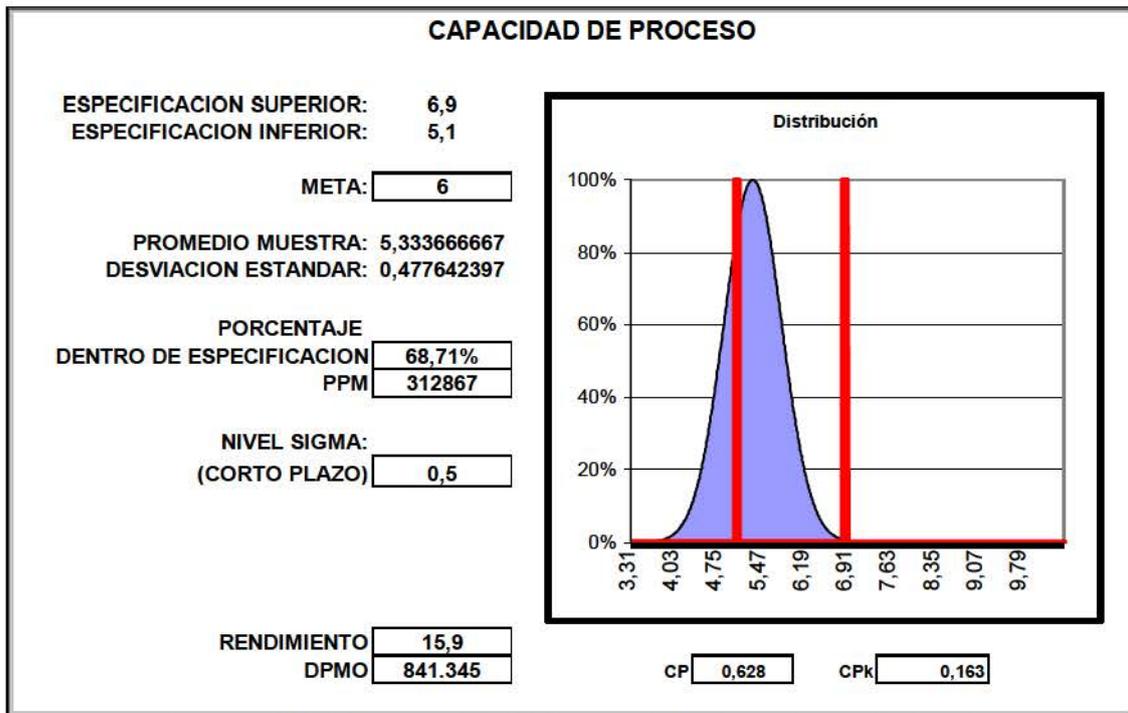


Figura 4.18 Capacidad del proceso (Primera medición)

La figura 4.18 muestra la distribución que sigue el proceso durante el período de recolección las muestras, lográndose ver que está desfasado con el estándar de 6 gramos, produciendo variación, el descentrado del proceso y por ende, un nivel sigma bajo.

En la siguiente etapa se analizará esta información de manera mas detallada.

4.4 Etapa Análisis

4.4.1 Resultados Lana de acero

En la etapa análisis el equipo examina los datos y el proceso en si, para identificar la causa raíz y como se genera el problema, conllevando finalmente a determinar el problema del mal desempeño y confirmar las causas con información.

Métrica seis sigma			
Indices	Total	Análisis	Conclusión
Unidades muestreadas	66	En promedio el proceso produce 1 o más fallas en cada rollo de lana de acero. La probabilidad de obtener un defecto por unidad es de 34 %. Por cada millón de oportunidades se obtiene 348,485 defectos. Nivel sigma relativamente bajo.	Hacer los ajustes y cambios necesarios para que el proceso mejore.
Oportunidades por unidad	3		
Defectos encontrados	69		
DPU	1,05		
DPO	0,35		
DPMO	348.485		
Nivel sigma	1,9		
Rendimiento a largo plazo	0,69		

Tabla 4.12 Resultados Seis Sigma para lana de acero

Análisis de fallos				
Defectos	Total	%	Análisis	Conclusión
Espesor del hilo	36	52%	Hilos en la madeja están presentes en mas de la mitad de los rollos muestreados. Los hilos en la madeja son em principal problema en la producción de esponjilla.	Analizar la causa y las soluciones posibles para evitar los hilos en la madeja.
Humedad	17	25%		
Limpieza de madejas	16	23%		
Total defectos	69	100%		

Tabla 4.13 Análisis de fallos para lana de acero

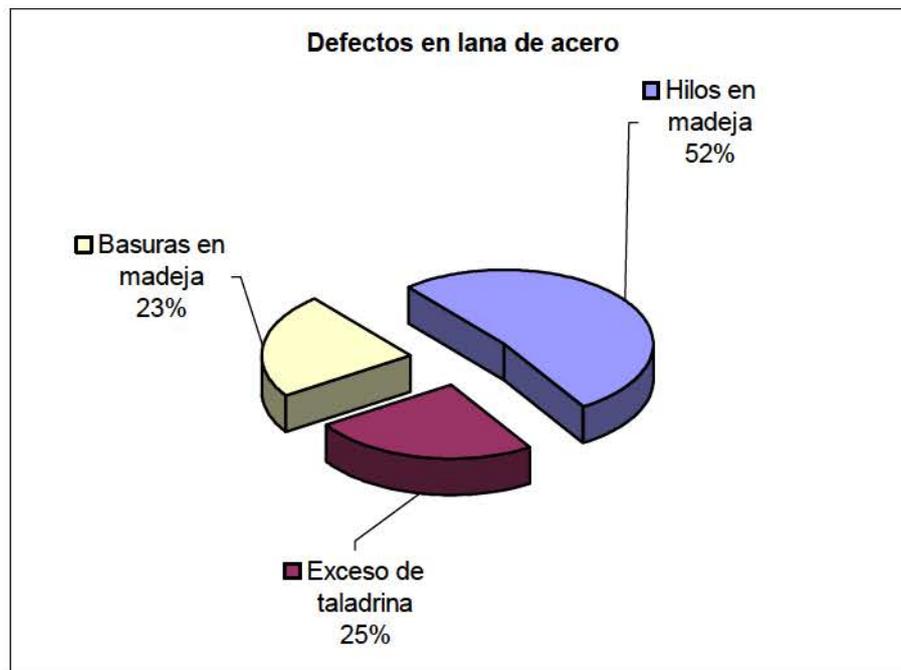


Figura 4.19 Defectos en lana de acero

Las tablas 4.12 y 4.13 muestran que el proceso tiene una o más fallas en los rollos producidos de lana de acero, con un 52 % de defectos correspondientes a hilos en la madeja, siendo estos perjudiciales en la elaboración de esponjilla, pues no permiten que las máquinas enrolladoras trabajen de manera adecuada, obteniendo así, paradas en el proceso, producto fuera de especificación y producto terminado de mala calidad.

Por cada millón de oportunidades se producen alrededor de 350.000 defectos, entre los cuales también existen basuras y humedad (Figura 4.19), que serán resueltos a su medida en las siguientes etapas de la metodología Seis Sigma.

4.4.1.1 Análisis de causalidad para lana de acero

Para identificar las causas potenciales de fallo que pueden estar influyendo en la variabilidad del proceso de elaboración de esponjilla de acero, se generó una lluvia de ideas, identificando posibles causas que pudieran estar generando problemas.

El primer paso para resolver estas situaciones es buscar la causa raíz del problema, es decir, las variables x para la ecuación $Y = f(x)$, mediante un diagrama causa - efecto (Figura 4.20).



Figura 4.20 Análisis causa efecto para la mejora de lana de acero

El problema principal a resolver en la lana de acero fueron los hilos demasiado gruesos que se obtenían del proceso, estos se producían en el primer contacto del alambre con las cuchillas, en algunas ocasiones. Esto se debe a que las primeras cuchillas topan la parte superficial del acero, el cual tiene muchas imperfecciones, además rozan con los puentes de trefilación

Ingeniería de la Producción

(Figura 4.21) que dirigen al alambre por su camino y al ser los primeros en entrar en contacto con el alambre generan hilos gruesos no deseados en el proceso. Estos hilos tienen un calibre cuatro veces mayor al regular, pueden producir cortes en los empacadores y



Figura 4.21 Puentes y cuchillas

es demasiado grueso para que las máquinas enrolladoras de esponjilla puedan cortar la lana.

Situación similar ocurre en los puntos de suelda del alambrón, generando imperfecciones en el alambre e hilos en el proceso. (Figura 4.22)



Figura 4.22 Suelda de alambre

Se encontró aceite refrigerante (Figura 4.23) que no era dosificado uniformemente a lo largo del tren de trefilación, lo que producía exceso en ciertos lugares a diferencia de otros.

Se identificó que el aceite refrigerante que estaba siendo usado y reutilizado en el proceso, no era manejado de forma aseada, produciendo basuras en el líquido y por tanto, obstrucción en la tubería de la máquina y en las mangueras de dosificación.

El aceite refrigerante en buen estado genera un producto de buen color conservando el producto y evitando la



Figura 4.23 Aceite refrigerante

Ingeniería de la Producción

oxidación del material; sin embargo, si este es mal manejado el acero adquiere un color oscuro haciéndolo indeseable para el consumidor.

El proceso de trefilado genera polvo y pelusa de acero acumulándose a lo largo del proceso, generando muchas veces cúmulos que se adhieren a la lana de acero, haciendo inevitable su contaminación.

La no existencia de un constante monitoreo del sistema, provoca que trabajo se desarrolle siempre con los mismas complicaciones, sin buscar y menos encontrar una solución a los mismos.

El personal que trabaja en las máquinas debe ser capacitado para entender los factores que provocan problemas de calidad; de igual forma, debe realizarse un continuo monitoreo del proceso para poder corregirlo a tiempo en transcurso del mismo.



Figura 4.24 Maquinista

4.4.1.2 Plan de respuesta para lana de acero

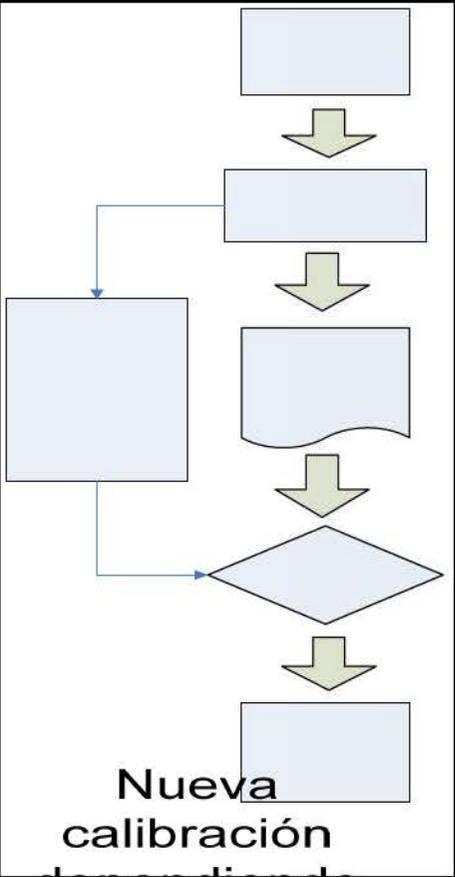
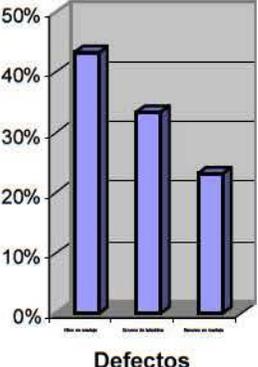
Diagrama Ideal	Mediciones	Especificación / metas	Recolección de datos	Método de control	Mejoramiento del proceso
 <p>Nueva calibración dependiendo el defecto.</p>	<p>Defectos encontrados</p> <p>Preparación y carga de máquinas</p> <p>~ Hilos</p> <p>Trefilación de lana de acero</p> <p>~ Humedad</p> <p>~ Basuras</p> <p>Puesto de control de producción y calidad</p>	<p>Subir a 3 puntos el nivel sigma</p> <p>~ 66.800 DPMO</p> <p>Aumentar el rendimiento del al 93%</p>	<p>Hoja de atributos para lana da acero</p>	 <p>Defectos</p> <p>Pareto de defectos</p>	<p>Capacitación al personal de línea en las causas y consecuencias</p> <p>Limpieza de contenedores de taladrina.</p> <p>Contenedores de aceite y agua bien definidos antes de su mezcla.</p> <p>Limpieza constante en todos los puntos de trefilación.</p> <p>Establecer lotes de producción para el seguimiento de los rollos.</p>

Tabla 4.14 Plan de respuesta para lana de acero

SI Tiene defectos

4.4.2 Resultados para Esponjilla

El resumen de la tabla 4.15 da a conocer los resultados encontrados en la medición del producto esponjilla. (Ver también anexo 6)

Tendencia			
Medida estadística	Valor	Análisis	Conclusión
Promedio	5,33	La tendencia central del peso esta movida a la izquierda del peso deseado de 6 gramos. Mas del 50% de los datos fueron menores a 5.39 gramos. No existe simetría en la distribución de datos	Proceso descentrado a la izquierda. $X = 5,33$.
Mediana	5,39		
Moda	5,44		

Rango medio y desviación estándar			
Medida estadística	Valor	Análisis	Conclusión
Máx.	6,80	Existe un 38 % de variabilidad total en el proceso.	
min.	4,52		
Rango	2,28	La desviación estándar 0,48 es la medida de en cuánto se alejan los datos del promedio.	
desv. est proceso	0,48		

Límites reales ($\mu \pm 3\sigma$)			
Medida estadística	Valor	Análisis	Conclusión
LCS	5,97	La tolerancia estimada (6 gramos \pm 0,9) en el peso de la esponjillas decir 15 % de variación. El LCS no llega al promedio de 6 gramos establecidos. El LCI esta muy por debajo de la especificación.	La variación real del proceso es aceptable pero el producto esta muy liviano.
LCI	4,69		

Gráfica de distribución			
Medida estadística	Valor	Análisis	Conclusión
Véase Histograma de esponjilla		La distribución se encuentra centrada y se ajusta bien.	Al centrar el proceso, la capacidad real será de mejor aceptación.
		Tiende a buscar la especificación de 6 gramos, pero se sale de control hacia el LS.	
		Si se ajustan los límites de control se ajustaría perfectamente al histograma.	

Porcentaje fuera de especificación			
Medida estadística	Valor	Análisis	Conclusión
Porcentaje fuera de especificación	31,29%	El porcentaje del área bajo la curva normal de el histograma que excede la especificación es de 31,29 % que representa a 312,867 partes por millón.	30 % en problemas de calidad

Índices de capacidad			
Medida estadística	Valor	Análisis	Conclusión
Cp	0,628	La capacidad del proceso es mala, ya que esta debajo de uno pero puede deberse a que no se ajusta a la especificación	Hacer ajustes y centrar los procesos
Cpk	0,163		

Tabla 4.15 Resultados Seis Sigma para esponjilla

Se puede concluir que cada esponjilla pesa alrededor de 5.33 gramos, encontrando algunas con un peso hasta de 8 gramos y otras de 4 gramos. Como lo demuestra es histograma de la figura 4.22, más del 50 % de las muestras tomadas fueron inferiores a 5.3 gramos, lo cual denota que el producto es muy liviano y no cumple con las expectativas del cliente.

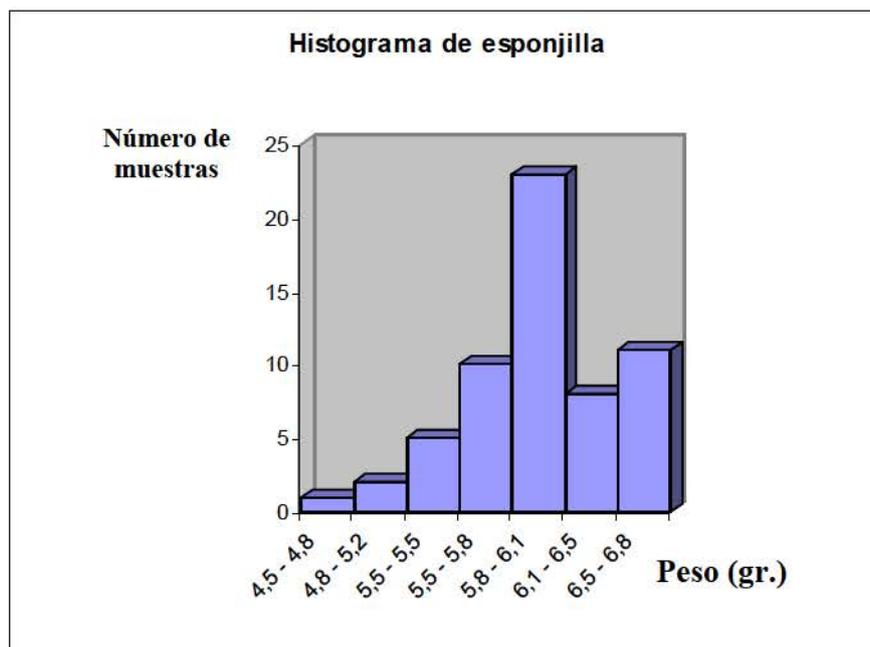


Figura 4.22 Histograma de esponjilla

Según los límites de control reales presentados en la figura 4.23 o anexo 6 se aprecia que el proceso está fuera de control, no puede identificar tendencias predictivas y los límites de control tampoco se ajustan a la tolerancia de $6 \pm 15\%$ gramos con respecto a la especificación de 6.

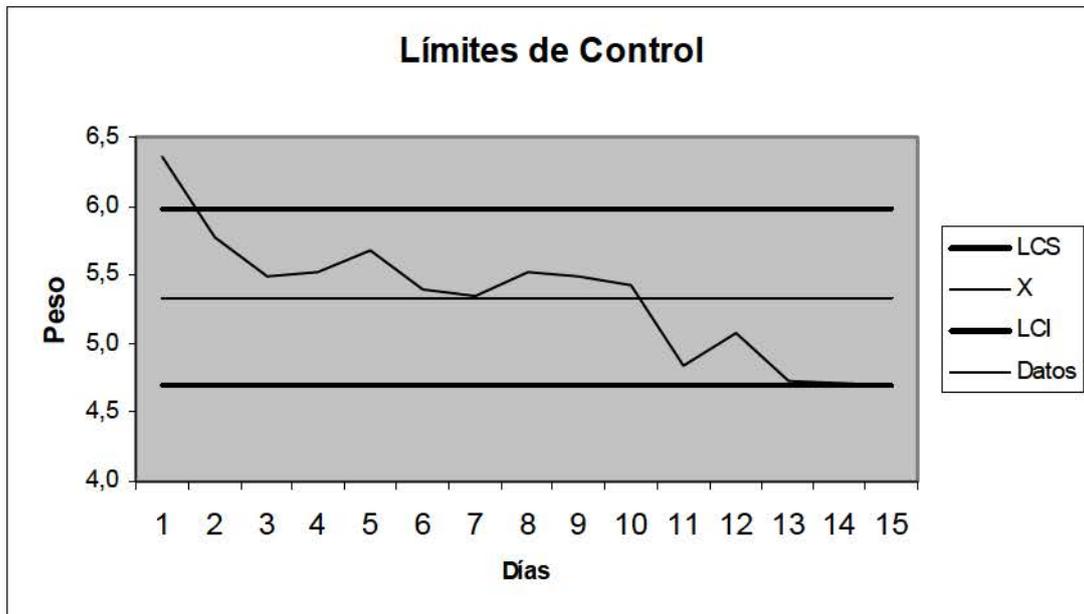


Figura 4.23 Límites de control real de esponjilla

El 31.29% de unidades no están dentro de la especificación requerida y se enmendarán al ajustar los dos procesos con medidas de corrección y control del producto.

El Nivel Sigma encontrado de 0.5, es demasiado bajo para un proceso; pero en relación al producto, esta situación ha pasado desapercibida durante algún tiempo; se cree que al corregir el problema de hilos en la elaboración de lana de acero más el control constante del peso de la esponjilla se incrementará el Nivel Sigma.

4.4.2.1 Curva de distribución normal de producción de esponjilla

El promedio obtenido por este estudio es de 5.33 gramos a diferencia de la especificación de 6 gramos por unidad de esponjilla. El índice Cpk. (0.163)

indica que el producto está fuera de especificación con tendencia a la izquierda. (Figura 4.24)

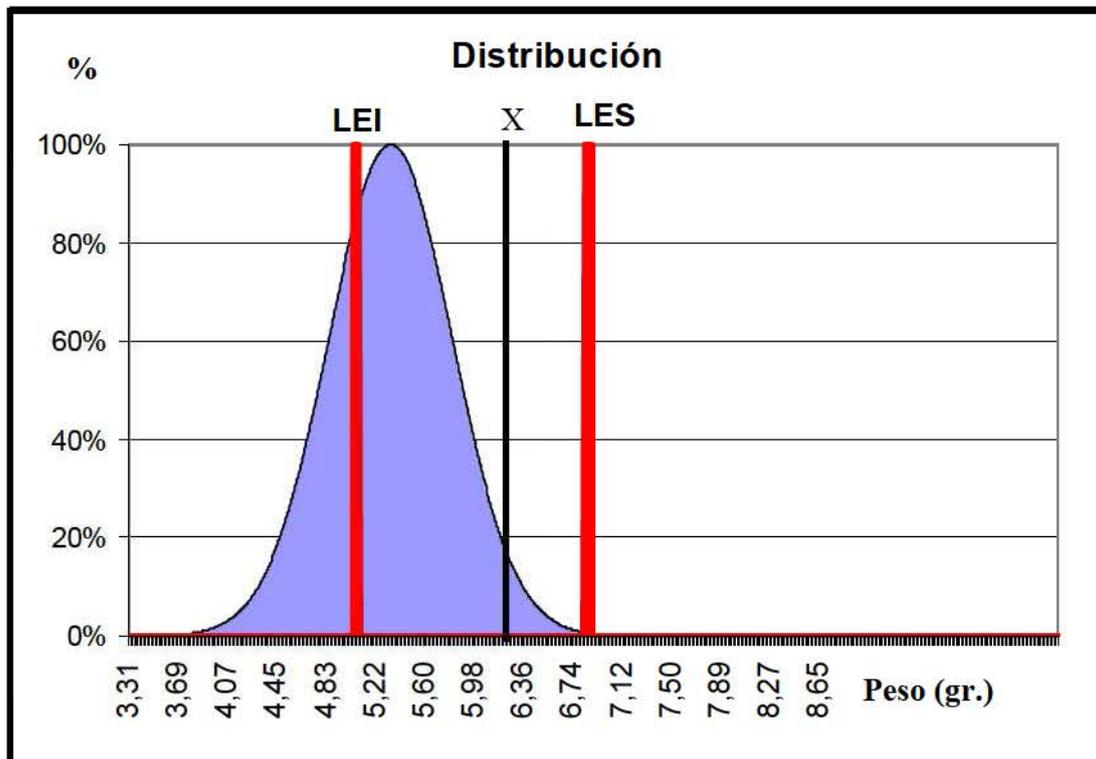


Figura 4.24 Distribución normal para esponjilla

La curva muestra alta variabilidad con respecto a la especificación, representando un nivel sigma de 0.5, a tiempo que emprenderá una mejora para elevar gradualmente el nivel sigma actual del proceso y disminuir la variabilidad del mismo.

4.4.2.2 Análisis de causalidad para esponjilla

Como se mencionó anteriormente, el resultado de los defectos producidos en la etapa de trefilación de lana de acero se reflejan en los defectos ocurridos en la producción de esponjilla, los mismos que no permiten trabajar de forma eficiente a las máquinas ocasionando problemas y pausas en la producción (Figura4.25).

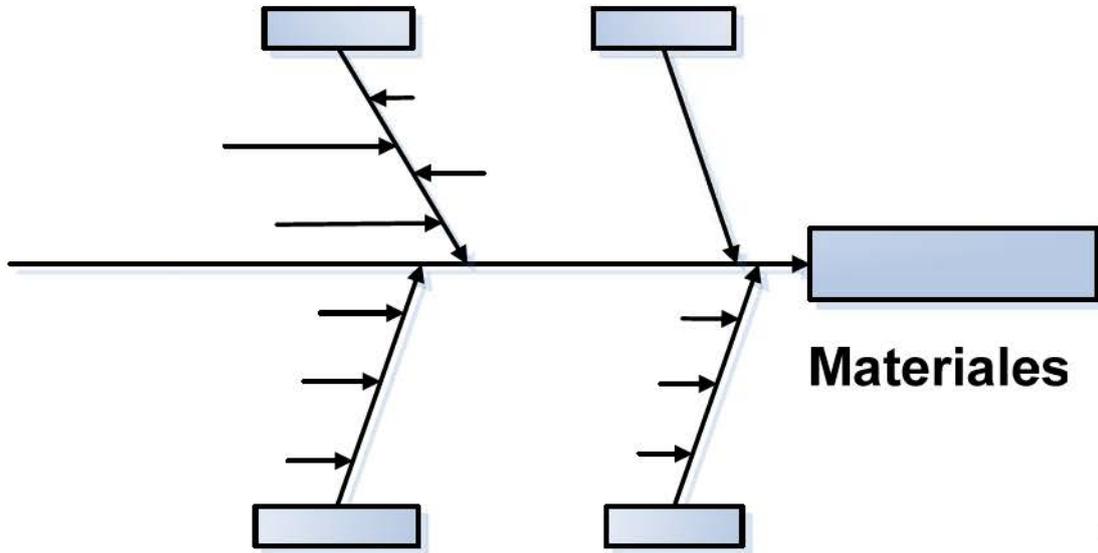


Figura 4.25 Análisis causa efecto para la mejora de lana de acero

Al no existir un constante monitoreo del peso unitario de cada esponjilla, el trabajo se desarrolla siempre con las mismas dificultades, no se indagó en las causas por tanto no resuelve el problema.



Figura 4.26 Empaque de esponjilla

El maquinista es el principal actor en el control de peso del producto. La capacitación para el entendimiento de los problemas de calidad, será en favor a un mayor

El personal que se encarga de recolectar y empaquetar el producto no se preocupa si éste es de buena o mala calidad, por ello, la capacitación y el reconocimiento de un buen o mal producto es primordial (Figura 4.26), puesto que de ello depende la satisfacción del cliente.

No existe un control por lotes, lo cual no permite saber con exactitud el día y hora de producción de dicho producto.

Fue especifica
Hú
No ex
de
No exi
po
No exist
de p

Basuras
Hilos
Control de producción y No existe control de calidad
Conciencia del maquinista con respecto al control
Personal no selecciona producto bueno y malo
Mediciones

4.4.2.3 Plan de respuesta para esponjilla

Diagrama ideal	Mediciones	Especificación / metas	Recolección de datos	Método de control	Mejoramiento del proceso
<p>Tabla 5.3 Plan de respuesta para esponjilla</p>	<p>Peso Preparación y carga de máquinas</p> <p>6 Gramos</p> <p>Enrolado de esponjillas</p> <p>8 Gramos</p> <p>Control de producción y calidad</p> <p>Ajuste máquina</p>	<p>Subir de 1 punto a 2 puntos el nivel sigma</p> <p>Centrar el proceso</p>	<p>Hoja de comprobación de distribución de frecuencias por variables.</p>	<p>Límites de Control</p> <p>Histograma</p>	<p>Capacitar al maquinista para que controle el peso de la esponjilla que está produciendo.</p> <p>Los empacadores de la línea de producción evaluarán el estado que sale la esponjilla y lo comunicarán al maquinista.</p> <p>Se monitoreará por lotes la producción de esponjilla, de esta forma en el caso de existir algún reclamo se sabrá exactamente la fecha, hora y empleados que elaboraron el producto.</p>

no Dentro de especificación

SI

5. La dinámica de la mejora continua

5.1 Etapa Mejorar

5.1.1 Determinación de soluciones para mejora de condiciones de operación en el proceso de producción de Lana de acero

A medida que el equipo avanza en el proyecto, la meta final se convierte en generar una serie de soluciones que impulsarán a la mejora del nivel de calidad.

Ya identificados los defectos críticos para la calidad y las posibles causas de los problemas, el equipo del proyecto Seis Sigma se enfocó en proponer soluciones para mejorar el proceso, entre las cuales se destacan:

- Capacitación al personal de línea en las causas consecuencias de los defectos encontrados y la importancia de los mismos
- Mantenimiento en los primeros puentes de trefilación
- Control de afilado de cuchillas
- Limpieza de contenedores de taladrina
- Contenedores de aceite y agua bien definidos antes de su mezcla
- Nueva distribución para canales de irrigación de taladrina
- Limpieza constante en todos los puntos de trefilación
- Colocación de imanes de baja atracción para que la pelusa de acero no vuele en el ambiente y se adhiera adecuadamente
- Establecer lotes de producción para el seguimiento de los rollos
- Organización de rollos en proceso por lotes de producción para su seguimiento

Ingeniería de la Producción

- Los maquinistas enruladores podrían ser inspectores de calidad de rollos
- Entusiasmo para infundir el trabajo en equipo.
- Tomar notas y notificar a los superiores las ideas que han sido aportadas por los trabajadores en la planta, para que su voz también sea escuchada y se de apertura a nuevas ideas y soluciones.

Otros

- Señalización de caminos establecidos para maquinistas y peatones en el área de máquinas para evitar accidentes.
- Pito para dirigir al camión proveedor de la materia prima y evitar accidentes por mal uso de palabras.

5.1.1.1 Matriz de beneficios

La manera en que se solucionarían estos problemas debía ser analizada de acuerdo al tiempo que el proceso debía detenerse para implantar cambios, a la factibilidad de realización y a la disponibilidad de tiempo de terceros involucrados.

Para este estudio se desarrolló una matriz de beneficios, con el fin de ayudar a tomar las decisiones indicadas al momento de la mejora del proceso (Figura 5.1). Esta consiste en analizar de forma metodológica las posibles soluciones y el beneficio que el proceso recibiría si se las implanta, así como el estudio de la factibilidad de acuerdo a los recursos otorgados.

		Impacto en el proceso de lana de acero	
		Alto	Bajo
Facilidad de implementación	Difícil	<p>Nueva distribución para canales de irrigación de taladrina.</p> <p>Mantenimiento en los primeros puentes de trefilación.</p>	<p>Colocación imanes de baja atracción para que la pelusa de acero no vuele en el ambiente y se pose en imanes adecuadamente instalados.</p>
	Fácil	<p>Capacitación al personal de línea en las causas y consecuencias de los defectos encontrados y la importancia de los mismos.</p> <p>Limpieza de contenedores de taladrina.</p> <p>Contenedores de aceite y agua bien definidos antes de su mezcla.</p> <p>Limpieza constante en todos los puntos de trefilación.</p> <p>Establecer lotes de producción para el seguimiento de los rollos.</p> <p>Implementar un control para la calida de rollos de lana de acero que avise al operario si estos tienen defectos y correguirlos</p>	<p>Control de afilado de cuchillas</p> <p>Señalización caminos establecidos para maquinistas y peatones en el área de maquinas para evitar accidentes.</p> <p>Pito para dirigir al camión proveedor de la materia prima y evitar accidentes por mal uso de palabras.</p> <p>Organización de rollos en proceso por lotes de producción para su seguimiento.</p> <p>Los maquinistas enruladores podrían ser inspectores de calidad de rollos</p> <p>Entusiasmo para infundir el trabajo en equipo.</p> <p>Anotar y notificar a superiores las ideas que han sido colaboradas por las personas que trabajan en planta, para que su voz también sea escuchada y nos den apertura a nuevas ideas y soluciones.</p>

Tabla 5.1 Matriz de beneficios

El equipo calificó las mejores soluciones a tomarse mediante la matriz fácil de implementación con alto impacto para mejorar el desempeño, además se coordinaron las labores que esta tomaría.

Se realizó una reunión con todas las personas involucradas en el proceso, y se trataron los siguientes temas:

Ingeniería de la Producción

- El mundo competitivo lleva a mejorar la calidad sin importar el producto
- Limpieza, orden, clasificación como pilares básicos para la calidad
- Discusión de cambios en el proceso con los recursos que la empresa posee actualmente
- Factores que ayudarían a mejorar el desempeño del trabajador
- Implantación de banderas para denotar la calidad del producto que el maquinista entrega

Los resultados de esta reunión obtuvieron mayor éxito de lo esperado, maquinistas y enruladores se pusieron de acuerdo para que los rollos entregados tengan los parámetros necesarios para que la producción sea continua, sin desperdicios, defectos y paradas.

El equipo Seis Sigma pone en marcha las adecuaciones implantadas para mejorar el proceso y luego lo mide esperando un buen resultado en las metas propuestas.

Se determinan las mejoras logradas luego de la implementación de los cambios resultantes del desarrollo del proyecto. Ello se manifiesta, tanto en niveles de rendimiento como en niveles sigma, DPMO y ahorros obtenidos.

Es conveniente hacer un seguimiento constante de los niveles de satisfacción, tanto de los clientes internos como externos.

En los dos casos analizados, las mejoras en el proceso suponían más control y retroalimentación de información entre el controlador de calidad y el operario, que en problemas técnicos o de maquinaria que requieren invertir grandes sumas de dinero en reparaciones o infraestructura; pero estos

últimos revelarían un impacto potencial en la baja de defectos ocurridos en cualquiera de los dos procesos.

Una corrida confirmatoria de datos fue realizada en una semana, para evaluar si los cambios que se realizaron tenían incidencia en el proceso o en datos obtenidos del nuevo manejo del control de calidad Seis Sigma.

Se tomó la misma muestra de tres diarias de los diez tambores.

Si el equipo Seis Sigma realizó un buen trabajo en el análisis de los problemas, las mejoras implantadas se reflejarán en un aumento en el nivel de calidad del producto.

5.1.1.2 Confirmar las causas con datos (Segunda corrida de datos)

Los siguientes cuadros resumen los resultados alcanzados con respecto a la lana de acero y a la variación en peso de esponjilla en los términos e índices mencionados anteriormente (Figura 5.2) o (anexo 5).

Lana de acero		
Muestra	Símbolo	Resultados
Unidades	U	44
Oportunidades	O	3
Defectos	D	23

Índices	Símbolo	Resultados
Defectos por unidad	DPU	0,52
Defectos por oportunidad	DPO	0,17
Defectos por millón de oportunidades	DPMO	174.242

Nivel sigma	2,4
--------------------	------------

Tabla 5.2 Resultados lana de acero (Segunda corrida de datos)

5.1.1.3 Evaluación de mejoras de lana de acero

El cuadro de resultados de lana de acero (Tabla 5.2), muestra un incremento en el nivel sigma a 2.4, lo que significa una reducción de defectos por cada millón de oportunidades a 174.242.

El índice DPU demuestra que los defectos entre las unidades producidas ahora son de 0.5 a diferencia de 1 al inicio del proceso.

Los defectos por cada millón de oportunidades bajaron a la mitad, provocando efectos en la cadena de producción.

Los maquinistas de la línea de producción de lana de acero, se mostraron animados en todos los aspectos que conllevan a un buen control de los defectos producidos por el operario.

Se creó una competitividad sana entre maquinistas, que los llevó a elaborar un producto de mejor calidad, sin tantos descuidos.

El seguimiento de lotes de producción dio la pauta para realizar un control de cuando y quien había producido los rollos de lana de acero.

5.1.2 Determinación de soluciones para mejora de condiciones de operación en el proceso de producción de esponjilla

Las soluciones propuestas por el equipo para mejorar el proceso son:

- Capacitar al maquinista para que controle el peso de la esponjilla que esta produciendo, haciéndole entender el por qué de esta situación.
- Los empacadores de la línea de producción evaluarán el estado en el que sale la esponjilla y lo comunicarán al maquinista

Ingeniería de la Producción

- Los empacadores no aceptarán producto con defectos o fuera de especificación, responsabilizando al maquinista sobre el problema
- Se monitoreará por lotes la producción de esponjilla, de esta forma, en caso de existir algún reclamo, se conocerá exactamente la fecha, hora y empleados que elaboraron el producto
- Mantenimiento preventivo de enrolladoras para mantener el estándar.
- Monitoreo diario de estándares de calidad.

Estas soluciones son factibles y realizables de una manera fácil y alcanzable, con un beneficio alto para el producto procesado, por lo tanto, no se vio la necesidad de realizar una matriz de beneficios.

5.1.2.1 Confirmar las causas con datos (Segunda corrida de datos)

Esponjilla		
Muestra	Símbolo	Resultados
Tamaño de la muestra	n	5
Media del proceso	U	6,0945
Media muestral	X	6,0945
Desviación estándar muestral	S	0,25488
Desviación estándar proceso	σ	0,08742
Número de desviaciones estándar normales	z	3
Desviación estándar de las medias de las muestras	δz	0,131

Límites de control	Símbolo	Resultados
Límite de control superior	LCS	6,4300
Límite de control inferior	LCI	5,7525

Índices	Símbolo	Resultados
Índice Cp	Cp	1,1770
Índice de capacidad	Cpk	1,0590
Defectos por millón de oportunidades	DPMO	45.565
Rendimiento	%	95,5
Nivel Sigma		3,2

Tabla 5.3 Resultados esponjilla (Segunda corrida de datos)

Los resultados obtenidos en el puesto de control de calidad de esponjilla fueron notorios tanto en datos como en calidad del producto. (Tabla 5.3) o (Véase también anexo 6)

5.1.2.2 Evaluación de mejoras de esponjilla

El Nivel Sigma aumentó a 3.2, subiendo el rendimiento al 95.5% y bajando los defectos por cada millón de oportunidades, es decir, el peso de cada esponjilla se mantiene constante en el tiempo con sus límites reales dentro de la especificación requerida por los clientes.

El incremento del nivel sigma en el proceso se debe también a la mejora del proceso adyacente de lana de acero y la capacitación al personal con respecto a la importancia de la calidad.

La media muestral se encontraba mejor situada, y mucho mas cerca de la especificación de 6 gramos con una desviación estándar menor.

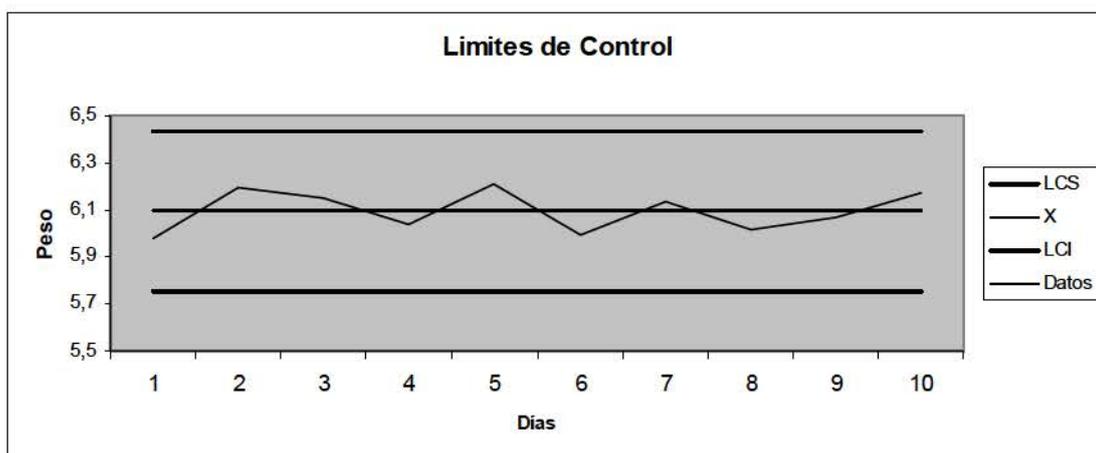


Figura 5.1 Límites de control (Segunda Corrida de datos)

Ingeniería de la Producción

El proceso tenía como tendencia central un peso de 6.09 gramos, es decir, se consiguió mantener un estándar en peso por cada esponjilla producida de acuerdo a la especificación, por consiguiente se equilibraron los límites de control reales y subió el índice Cpk a un 1, lo cual indica que la capacidad del proceso tiene un mejor desempeño por cada unidad de esponjilla producida (Figura 5.1)

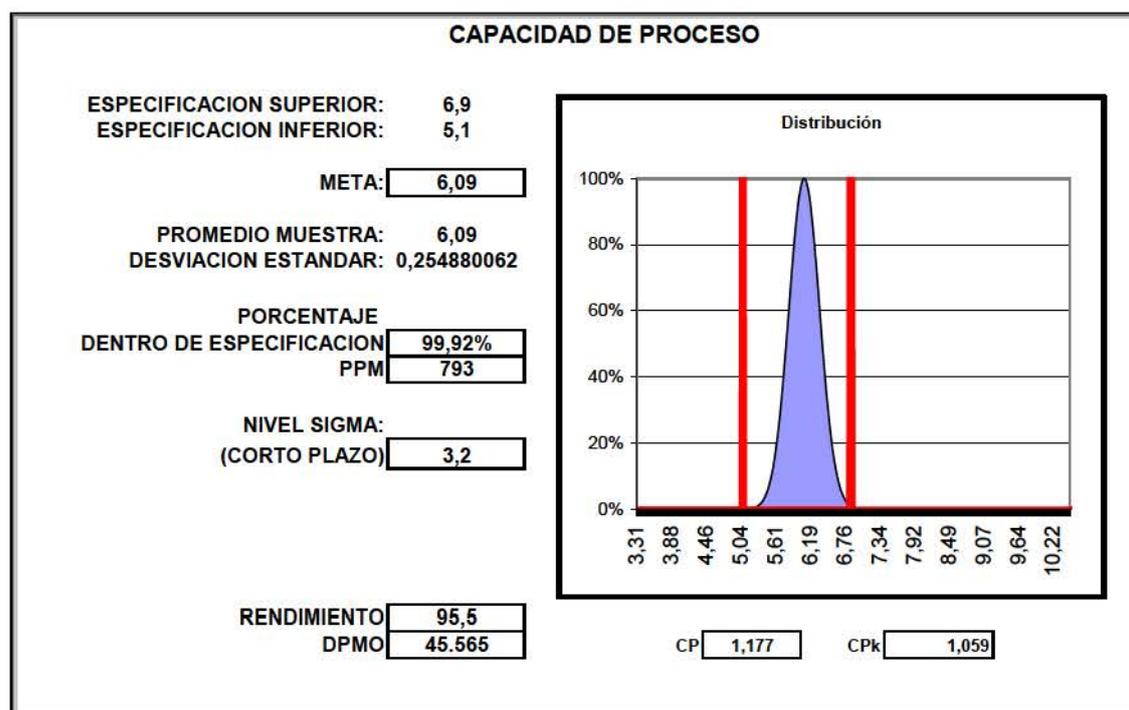


Figura 5.2 Capacidad del proceso (Segunda corrida de datos)

Como se observa en la figura 5.2, el proceso se ha centrado en una sola especificación, eliminando la variación, causa principal del problema.

5.2 Etapa Controlar

Una vez que las mejoras han sido realizadas, sometidas a prueba y haber obtenido resultados favorables, el equipo Seis Sigma desarrollará un sistema de control para mantener las mejoras implantadas.

La retroalimentación conlleva a un mejoramiento continuo, tratando que los problemas anteriores desaparezcan y que los nuevos lleguen a ser resueltos de forma incesante, manteniendo un buen desempeño del proceso.

5.2.1 Estandarizar el proceso

La importancia de estandarizar el proceso es asegurar que el mismo pueda ser medido, además de observar variaciones o especificaciones fuera del estándar, para acudir a resolver el problema.

Para la lana de acero se tratará de mantener un estándar en el Nivel Sigma de 2.5 o más, lo que representa un DPMO de 150.000.

El estándar de cada esponjilla de alambre se mantendrá en 6 gramos.

5.2.2 Controlar y mantener la mejora

El control en ambos procesos debe ser monitoreado todos los días como rutina de toma de datos, que al ser ingresados al computador reflejan la realidad con la que está trabajando el proceso.

La rutina de toma de datos consistirá en controlar regularmente el producto que se obtiene y será analizado por el equipo Seis Sigma para evitar que la mejora del proceso recaiga.

Las cartas de control serán entregadas diariamente al personal encargado del control de calidad, el cual mantendrá estas mejoras en marcha e implantará ideas de mejoramiento continuo.

5.2.3 Mejoramiento continuo

Las ideas e hipótesis del personal existentes, ayudarán a mejorar la calidad del producto, éstas serán escuchadas y analizadas en próximos proyectos Seis Sigma, fomentando el mejoramiento continuo.



Figura 5.3 Empacador

Un mejor mantenimiento y ciertas modificaciones en la maquinaria incurrirían una inversión extra, pero asegurarían la calidad del producto, eliminando el desperdicio, obteniendo un proceso más eficiente, logrando mejores resultados incrementando así el nivel Sigma, además de una rápida recuperación de la inversión.

DIMABRU Cía. Ltda. denota un crecimiento muy importante en los últimos 5 años, llevando a la empresa a estar catalogada entre las más importantes del Ecuador, gracias al incremento de nuevas líneas de productos de limpieza que el mercado requiere, por lo cual se cree, que la compañía no tendrá problema alguno en continuar mejorando día a día en beneficio de todas las partes interesadas.

Hoy por hoy, el mundo competitivo requiere economizar recursos y hacer los procesos más eficientes, al parecer es la tendencia actual, si embargo los

beneficios Seis Sigma están enfocados al mejoramiento continuo según los requerimientos del cliente, flexibilizando a las empresas a tener una mayor velocidad de respuesta con respecto a los cambios en el mercado.

En la planta de Dimabru Cía. Ltda. se implantaron **banderas para expresar la calidad** en el tambor de cada rollo de lana de acero, las cuales dependiendo el color (Rojo / Blanco) indicaran al operario si la calidad del rollo es buena o mala como se muestra en la figura 5.4.



Figura 5.4 Banderas de calidad

De esta forma se incentivará a una sana competencia por cada equipo de trabajo, enfocándose en obtener banderas blancas, a fin de que se conozca si las personas mantienen una lana de acero de buena o mala calidad (Idea propuesta por maquinistas).

Se limpiaron los contenedores de agua y aceite refrigerante, para que estos estén bien definidos y las mezclas sean exactas y libres de impurezas.

6. Comparación de resultados

Cabe recalcar que los cambios realizados para controlar de mejor forma el proceso en la línea de producción fueron realizados con bajo presupuesto y con la colaboración de todas las personas involucradas.

6.1 Programa de mejoras 9 S de calidad

Los resultados obtenidos en la implantación de las 9 s de calidad fueron notorios durante las primeras semanas de implantación , manteniéndose así, durante todo el proyecto.

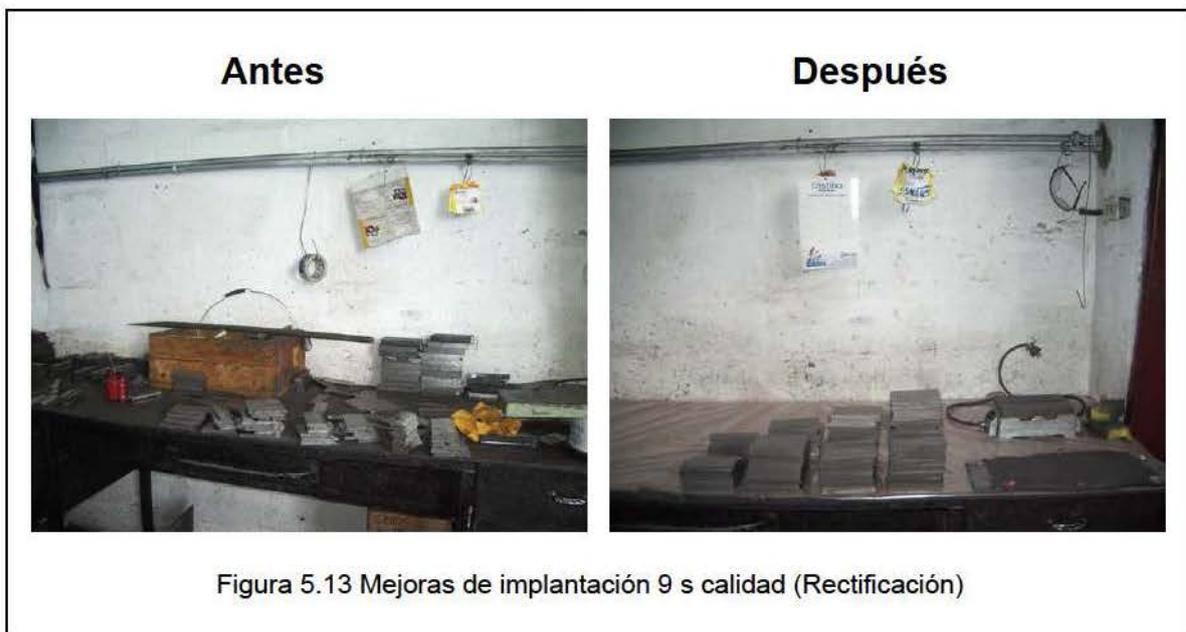


Los resultados obtenidos de esta implantación son:

- La localización y búsqueda de cuchillas lleva solo unos pocos segundos.
- Se disminuyó el tiempo de localización y búsqueda de objetos.
- Los recursos que se necesitan están clasificados.
- Lugares asignados para cada objeto de acuerdo a un orden lógico y de fácil acceso.

Ingeniería de la Producción

- Siluetas pintadas en el lugar donde se almacena.
- Control visual en inventarios y almacenes para lograr la cultura del supermercado.
- Control visual para puntos de reorden.
- Etiquetar objetos en el lugar que se almacenan (letra grande, pocas palabras, colores).



6.2 Comparación de la implantación de la metodología Seis Sigma en el proceso de lana de acero.

Lana de acero			
Índices		Antes	Después
Defectos por unidad	DPU	1,05	0,52
Defectos por oportunidad	DPO	0,35	0,17
Defectos por millón de oportunidades	DPMO	348.485	174.242

Nivel sigma	1,9	2,4
--------------------	------------	------------

Tabla 5.6 Comparación antes y después de la implantación Seis Sigma

Ingeniería de la Producción

La tabla 5.6 alcanzó una reducción de los defectos por cada millón de oportunidades del 348.485 a 174.242 sin inversión en el proceso.

Los defectos por cada millón de oportunidades bajaron a la mitad provocando efectos en la cadena de producción; el trabajar con un mejor material procesado (Lana de acero), consiguió un mejor y menos variado producto final (Esponjilla).

El subir un punto en la escala Sigma determina que el proceso deberá ser sometido a nuevas pruebas, incurriendo en ciertas inversiones para el mejoramiento de la maquinaria, trabajando de manera más eficiente bajando el número de defectos encontrados en el proceso.

Algunas de estos cambios son:

- Conseguir mejores piedras de rectificación para cuchillas
- Adaptar la máquina para utilizar alambre de 3.75mm de diámetro
- Mejorar la calidad de aceite refrigerante
- Mejorar la distribución de taladrina en máquinas
- Rectificar puentes de trefilación
- Mejorar el canal de rectificación del alambre

6.3 Comparación de la implantación de la metodología Seis Sigma en la elaboración de esponjilla.

Esponjilla			
Muestra		Antes	Después
Tamaño de la muestra	n	5	5
Media muestral	X	5,33367	6,09450
Desviación estándar muestral	S	0,47764	0,25488
Desviación estándar proceso	σ	0,45988	0,08742
Dev. Est. de la media de las muestras	σ_z	0,21361	0,11399

Límites de control		Antes	Después
Límite de control superior	LCS	5,974	6,436
Límite de control inferior	LCI	4,693	5,753

Índices		Antes	Después
Índice Cp	Cp	0,628	1,1770
Índice de capacidad	Cpk	0,163	1,0590
Defectos por millón de oportunidades	DPMO	841.345	45.565
Rendimiento	%	15,9	95,5
Nivel sigma		0,5	3,2

Tabla 5.7 Comparación antes y después de la implantación Seis Sigma

Al comparar los resultados en la tabla 5.7 obtenidos antes y después de las mejoras, nos damos cuenta que el proceso mejoró notablemente aumentando el nivel Sigma de 0.5 a 3.2 y el rendimiento de 15.9% a 95.5 % de unidades dentro de la especificación.

El monitoreo constante de cada esponjilla consiguió que los maquinistas tengan un mejor control en el peso del producto (Figura 5.8).

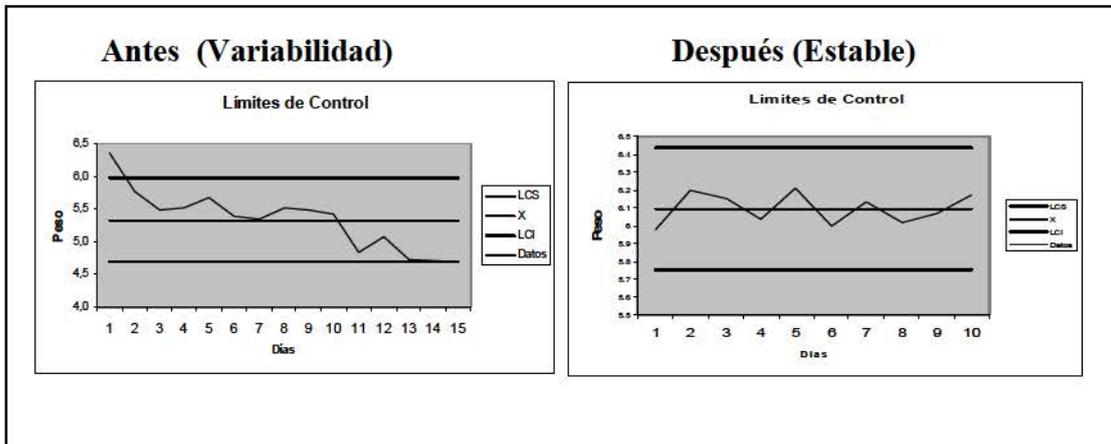


Figura 5.8 Comparación de el proceso

Es satisfactorio haber alcanzado 0.5 puntos de mejora del nivel Sigma en la lana de acero, pues generó una reacción en cadena, disminuyendo los defectos en esponjilla y por consiguiente mejorando su calidad. Los rollos provenientes de las máquinas trefiladoras llegaron en mejores condiciones y con menos defectos, evitando la variación antes percibida en peso de la esponjilla, lo cual sumado al control del operario logró un incremento Sigma (Figura 5.9)

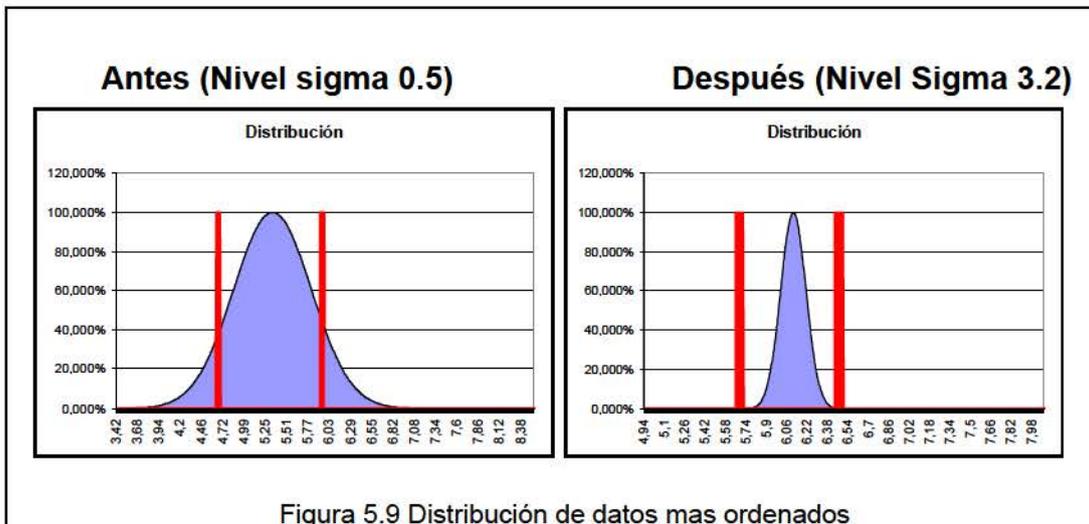


Figura 5.9 Distribución de datos mas ordenados

Al aumentar el nivel sigma de 0.5 a 3.2 se obtienen los siguientes beneficios:

- Satisfacción del cliente
- Mejor calidad del producto
- Reducción de fallas
- Proceso productivo más eficiente
- 95.5% de esponjillas dentro de la especificación requerida por el cliente
- Si suponemos que cada unidad con defecto hubiera sido rechazada por parte del cliente la compañía hubiese perdido \$ 4.285.00 dólares americanos por cada millón de unidades producidas
- La proyección de producción para el año 2007 es de 22 millones de unidades de esponjilla y la empresa obtendrá un beneficio mayor a **\$94.270 dólares americanos**, los cuales se expresaran en la satisfacción del cliente más que en liquidez de la empresa



Figura 5.10 Esponjilla

6.4 Conclusiones

- El diseño y la implantación de la metodología Seis Sigma en DIMABRU Cía. Ltda. fue el resultado de un conjunto de sistemas para la mejora continua de la calidad, la reducción de costos en el proceso, mayor control y mejoramiento de los productos.

Ingeniería de la Producción

- Seis Sigma utiliza el análisis estadístico en las operaciones del proceso para definir las áreas de oportunidad, corregirlas y mantener el estándar.
- La competitividad tiene incidencia en la forma de plantear y desarrollar cualquier iniciativa de negocios, lo que provoca obviamente una evolución en el modelo de empresa y empresario.
- La implantación de la metodología Seis Sigma enfocó la calidad del producto en satisfacción y necesidades del cliente.
- Cada trabajador de la línea de producción se esforzó por obtener y requerir lo mejor de su fuente, además del resultado del cambio proactivo de cada una de los recursos entregados por otros trabajadores.
- De entrada, se empezó a producir mejor en todo el proceso, en vez de producir excesivamente con un margen muy alto de desperdicio y fallas, consiguiendo economizar costos al obtener siempre un buen producto.
- Se incentivó el trabajo en equipo en toda la línea de producción, encomendando misiones y responsabilidades que serían supervisados por el equipo Seis Sigma, de esta forma se pasó de un trabajo unipersonal a un trabajo multicelular.
- Se entabló una relación más estrecha entre la empresa y los proveedores de insumos y materias primas, buscando la eficiencia de ambas partes.

Ingeniería de la Producción

- La cultura de prevenir en lugar del excesivo control, disminuyó costos en proceso al evitar fallos debido a la variación en peso y forma de la esponjilla. Esta cultura se expandió por toda la empresa emprendiendo nuevos proyectos en diferentes áreas.
- Se eliminó una gran cantidad de desperdicios y despilfarros de material en diferentes puntos del proceso y de igual forma los defectos encontrados en el transcurso del mismo fueron rectificadas de inmediato.
- La ventaja comparativa de una empresa supone la habilidad de mejorar sus recursos, conocimientos y atributos, etc., de los que dispone dicha empresa, mismos que carecen sus competidores o los tienen en menor medida. Esto hace posible la obtención de un rendimiento superior a aquellos.
- La implantación de Seis Sigma genera un gran número de beneficios a la compañía que apuestan por esta estrategia. No sólo reducen sus costos de manera razonable, sino que además, incrementan sus ingresos gracias al mayor grado de satisfacción de sus clientes y en una buena motivación de sus empleados.
- Trata de conseguir la máxima efectividad a través de la mejora constante del proceso productivo. Estamos hablando de implantación de sistemas de calidad, una práctica que las empresas deberán introducir de forma paulatina para ser más competitivas.

El modelo implantado se basa en un proceso de mejoramiento continuo, mantiene la búsqueda constante de nuevas oportunidades de mejora y estudia nuevas alternativas que lleven a la empresa a un desarrollo permanente de crecimiento y competitividad.

6.5 Recomendaciones

- Mantener el sistema implantado ayudará a mantener un estándar alto de calidad ofreciendo al cliente un mejor producto, con menos esfuerzo y mayor calidad.
- Mantener esta mejora a lo largo del tiempo, dependerá de los más altos directivos, así como del personal en planta que trabaje en la línea de producción.
- Mantener reuniones con las personas que intervienen en el proceso buscando mejorar las condiciones de los trabajadores y la empresa.
- Realizar mantenimiento preventivo y corrección de errores de maquinarias que provocan defectos críticos para la calidad.
- Pintar las áreas de seguridad para prevenir incidentes.
- El centro de calidad ha estado presente en todos estos cambios apoyando a las empresas en el establecimiento de programas de mejoramiento continuo; sin embargo, en la época actual y en el futuro, las organizaciones tendrán que lograr no solo la satisfacción del cliente mediante productos y servicios de calidad (y de los accionistas mediante una operación rentable), sino también la complacencia de los otros grupos que de una u otra forma tienen algún interés y esperan

algún beneficio de la empresa (empleados, la comunidad y los ecosistemas con los que interactúa).

- Esta implantación requiere que los programas de mejoramiento continuo se realicen con un enfoque sistemático que asegure la congruencia estructural y cultural entre el sistema organizacional y los principios de calidad total.
- Los individuos son el componente que refleja finalmente la calidad de la organización y los procesos. Este componente debe poseer calidad de vida para reflejar la calidad en su trabajo en relación con el producto o servicio.
- A nadie se le escapa que estas motivaciones son el fruto de una inversión del proceso día a día. Sin embargo, las empresas quieren resultados inmediatos.
- Tal vez sea ésta una de las razones por las que la vida media de las firmas en nuestro país sea entre cuatro y cinco años. La falta de visión del futuro y de la práctica proactiva sitúan en los vagones de la cola en cuanto a lo de implantación de calidad se refiere.

6.5.1 Recomendaciones de los operadores para cambios que mejoren la eficiencia de la maquinaria

Las reuniones realizadas con los operadores de las máquinas no se dieron con el único motivo de capacitarlos, también sirvieron para aportar con numerosas ideas e hipótesis sobre cómo podían realizar su trabajo de mejor manera sin tener demasiadas complicaciones.

- **Conseguir acuerdos con el proveedor para conseguir alambre de mejor calidad**

Los spylers de alambre que entrega el proveedor tienen variación en las especificaciones.

El alambre para la trefilación todavía está caliente en su interior cuando llega a planta, por lo tanto tiene menor plasticidad.

Debe exigirse un alambre bien envuelto en spyler.

- **Conseguir mejores piedras de rectificación para cuchillas**

Se obtendría un mayor tiempo de uso por cada cuchilla y evitaría que salgan hilos al comienzo del tren de trefilación.



Figura 5.11 Rectificación

- **Mejorar la calidad de aceite refrigerante**

Los beneficios que se lograrían son la obtención de un mejor color del producto, evitando la oxidación y enfriando el material de mejor manera.

- **Rectificación de puentes de trefilación**

Rectificar todos los puentes por donde pasa el alambre. Todos deberán ser colocados al mismo momento.



Figura 5.12 Puentes de paso

- **Mejorar la distribución de taladrina en máquinas**

Evitará recalentamientos de cuchillas y alambre.

Refrigeración más uniforme

Lana de acero sin humedad

- **Mejorar el canal de rectificación del alambre**

El sistema debe rectificar de manera óptima el alambre que ingresa a la máquina ó tener una mayor longitud, además de un sistema que limpie impurezas



Figura 5.13 Rectificadores

6.5.2 Recomendaciones de sistemas para evitar errores (poka - yoke)

- Colocar banderas o luces de colores en los tambores recogedores de rollos de lana de acero que indiquen el estado en el que están llegando para poder realizar las correcciones necesarias.
- Colocar cintas o indicadores de tamaño para no sobrepasar los 10 Kg por cada rollo de lana de acero.
- El jefe encargado deberá encargar las balanzas constante para evitar errores en el control de peso.
- Conseguir una balanza con una precisión de 0.01 gramos para realizar un mejor control de calidad.

6.6 Bibliografía

6.6.1 Libros y documentos que fundamentan la investigación

- BARBARA WHEAT, CHUCK MILLS, MIKE CARNEL, Seis Sigma, New York, traducido al español en Bogotá Colombia, Grupo Editorial Norma 2003.
- HUMBERTO GUTIERRES, ROMAN DE LA VARA, Control estadístico de calidad y Seis Sigma, Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2004.
- JAY HEIZAR Y BARRY RENDER, Dirección de la Producción (Decisiones Estratégicas), Editorial Prentice Hall 2001.
- GEORGE ECKES, El Seis Sigma para todos, Grupo Editorial Norma 2003.
- JURAN J. M, Manual de control de calidad, 4ta Edición McGraw Hill, 1993. p. 2.1.
- GARVIN D. A, HAX, ARNOLD C, ¿Qué significa en realidad “calidad del producto?”. Librería el Ateneo, 1992.
- TORRES TRETO SANTOS. “Enfoques para la gestión de la calidad”. Revista Normalización. No.2 2003

6.6.2 Vínculos de Investigaciones realizadas en Internet

- <http://www.seis-sigma.com/>
- <http://www.cio.com/archive/120103/sigma.html>
- <http://www.informationweek.com/story/showArticle.jhtml?articleID=15800193>
- <http://www.cio.com/archive/081503/sigma.html>

Ingeniería de la Producción

- <http://www.cimat.mx/~chuche/igsw/Proyecto%20Final/Proyecto%20Final%206%20sigma.htm>
- <http://www.smartbissolutions.com/defcapacidades.htm>
- http://www.pcimag.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP__Features__Item/0%2C1846%2C388%2C00.html
- <http://software.isixsigma.com/library/content/c040414b.asp>
- <http://projectmanagement.ittoolbox.com/browse.asp?c=PMPeerPublishing&r=http%3A%2F%2Fwww%2Eitsm%2Einfo%2FLeveraging%2520ITSM%2520and%2520Six%2520Sigma%2Epdf>
- <http://software.isixsigma.com/library/content/c040421b.asp>

6.6.3 Software utilizado

- Programa estadístico Statgraphics
- Capacidad del proceso por www.data-driven.com.mx
- Microsoft excel
- Microsoft Visio

ANEXOS

Anexo 1. Compromiso de las personas involucradas en el proceso

Quito 10 de julio de 2006

Señores
DIMABRU Cía. Ltda.
Ciudad

Notificación

Con el fin de llevar un mejoramiento continuo, la compañía se propone a evaluar, diseñar e implementar una metodología seis sigma de calidad que se adapte a nuestros recursos y requerimientos.

Seis Sigma, es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, basándose en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos, metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos bajo. Otros efectos obtenidos son: reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, alta satisfacción de los clientes y más importante aún, efectos dramáticos en el desempeño financiero de la organización.

La compañía se comprometerá a ayudar con los recursos necesarios para que se pueda implantar esta metodología que ayudará a mantener y mejorar los estándares de calidad de la compañía.

Por esta circunstancia se solicita a todo el personal involucrado que colabore de lo más comedida y desinteresadamente con la ejecución de este proyecto.

Atentamente

Carlos Pacheco
Gerente General

Anexo 2. Resultados de investigación de mercado

Quito, 05 de julio de 2006

Señor
Carlos Pacheco
GERENTE GENERAL DE DIMABRU CIA. LTDA.
Ciudad

Estimado Señor Pacheco:

Hemos realizado la encuesta sobre preferencias de usuarios de esponjilla en la ciudad de Quito con el propósito de establecer las necesidades del cliente y comprobar la calidad del mismo para la implantación de la metodología seis sigma de calidad.

Para realizarla se tomó una muestra estadística de 50 establecimientos detallistas (tiendas) en toda la ciudad de Quito.

Se encontró que el 94.12% de los detallistas venden productos de limpieza, siendo la marca ESTRELLA la más ofertada con el 40% de aceptación seguida de otros competidores que en conjunto alcanzan el 43% y el 17 % restante corresponde a marcas de la misma empresa, es decir, el 67% del mercado.

Al momento de comprar productos de limpieza el 42% de los encuestados nos dicen aprecian la calidad del producto, seguido a corta distancia con el 30% de personas que prefieren el precio ante nada.

La frecuencia de compra de los productos es de un promedio de una a dos unidades de esponjilla 3x 1 a la semana.

Estamos encantados de haber colaborado en su empresa y nos ponemos a su servicio para realizar estudios que se consideren necesarios en el futuro.

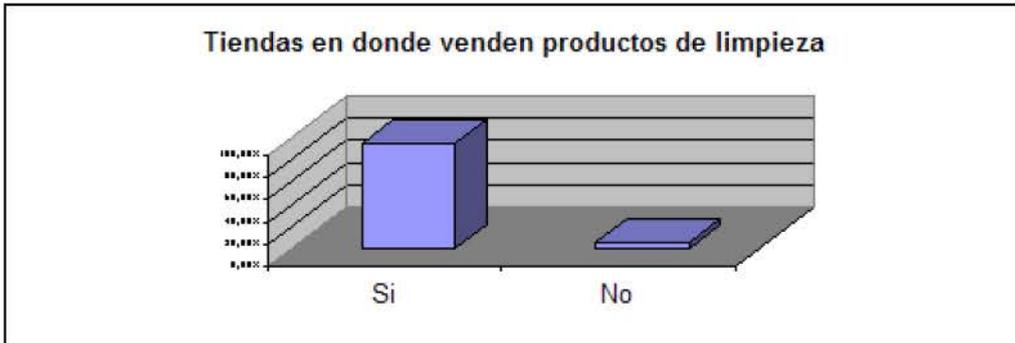
Atentamente,
Bruno Josué Pacheco

Anexo 3. Tabulación de encuestas

1) ¿Venden usted productos para la limpieza del hogar ?

- Si
- No

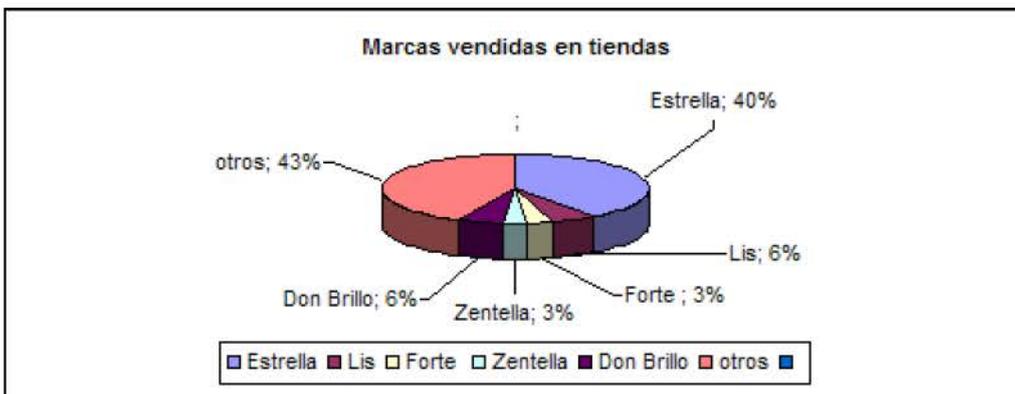
%
94,12%
5,88%



2) ¿Vende alguna de estas marcas?

- Estrella
- Lis
- Forte
- Zentella
- Don Brillo
- otros

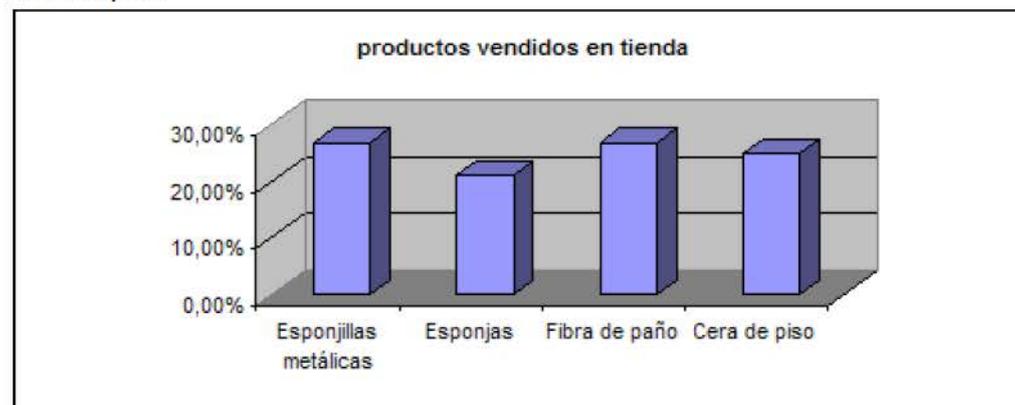
40%
6%
3%
3%
6%
43%



3) ¿Vende alguno de estos productos ?

- Esponjillas metálicas
- Esponjas
- Fibra de paño
- Cera de piso

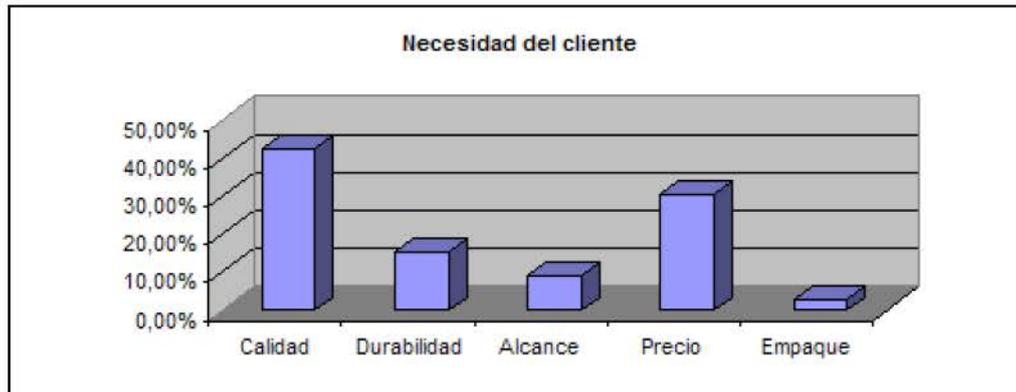
26,92%
21,15%
26,92%
25,00%



5) ¿Al momento de comprar este producto (esponjilla 3 x 1), que es lo que la gente prefiere?

- Calidad
- Durabilidad
- Alcance
- Precio
- Empaque

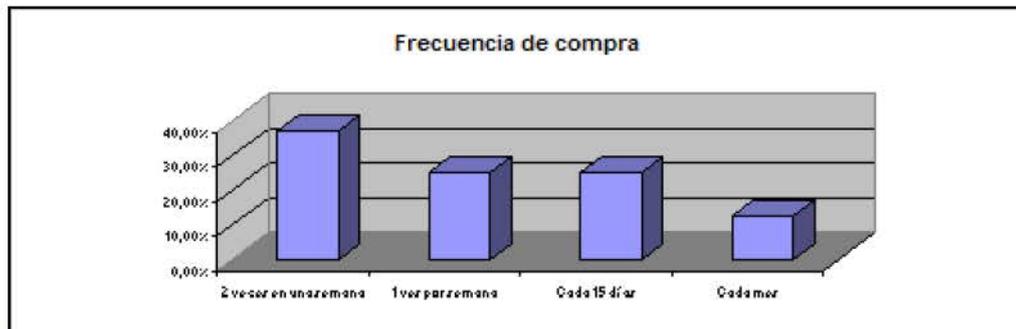
- 42,42%
- 15,15%
- 9,09%
- 30,30%
- 3,03%



6) ¿Con que frecuencia sus clientes compran el producto(esponjilla 3x1)

- 2 veces en una semana
- 1 vez por semana
- Cada 15 días
- Cada mes

- 37,50%
- 25,00%
- 25,00%
- 12,50%



Comentarios

Los restaurantes utilizan todos los días

La esponja bronce se abre y no sirve

Mixta se despega rápido

A la gente no le gusta la presentación 6 x 1

La atención de parte de el tendero es lo primordial

La esponja mixta se desprende bastante rápido.

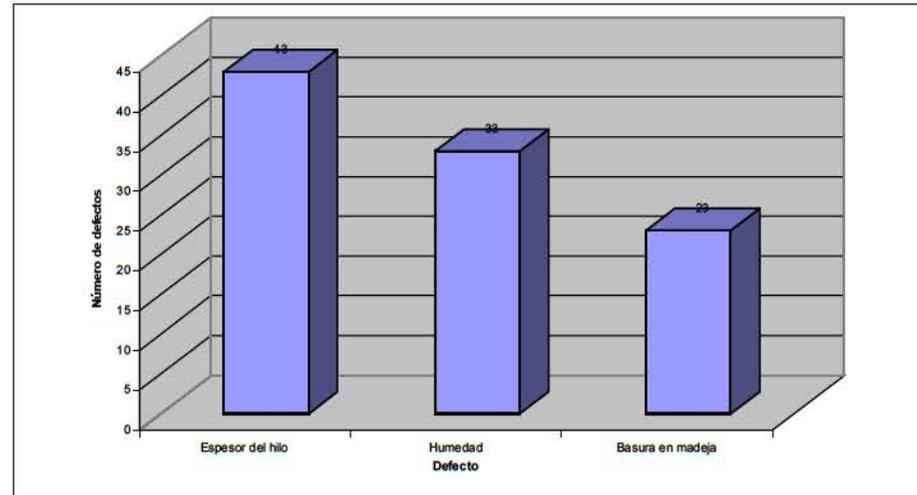
Se destruye la fibra mucho mas rápido que la esponja

La gente esta muy decepcionada con la crema limpia vajillas

Anexo 4. Hoja de trabajo para la medición de lana de acero

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 21
Unidades	2	5	4	2	5	4	2	5	4	2	5	4	2	5	4	2	5	4	66
Oportunidades	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Defectos	2	12	6	2	5	7	2	8	7	4	9	8	1	6	10	1	5	4	99
DPU	1	2,4	1,5	1	1	1,75	1	1,6	1,75	2	1,8	2	0,5	1,2	2,5	0,5	1	1	1,5
DPO	0,333	0,800	0,500	0,333	0,333	0,583	0,333	0,533	0,583	0,667	0,600	0,667	0,167	0,400	0,833	0,167	0,333	0,333	0,5
DPMO	333.333	800.000	500.000	333.333	333.333	583.333	333.333	533.333	583.333	666.667	600.000	666.667	166.667	400.000	833.333	166.667	333.333	333.333	500.000

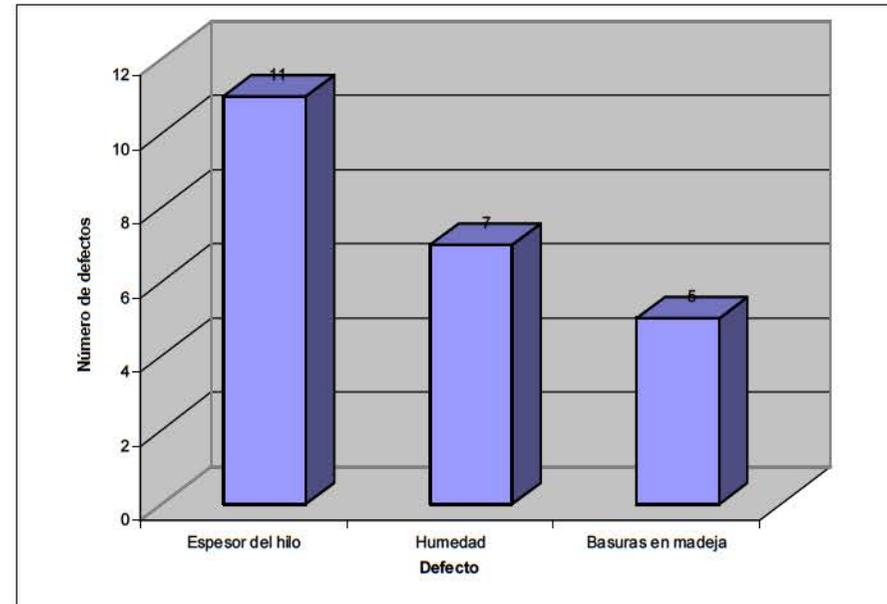
Tipo de defecto	Defectos	%
Espesor del hilo	43 Rollos	43,43%
Humedad	33 Rollos	33,33%
Basura en madeja	23 Rollos	23,23%
Total defectos	99 Rollos	



Anexo 5. Hoja de trabajo para la mejora de Lana de acero

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 15
Unidades	2	5	4	2	5	4	2	5	4	2	5	4	44
Oportunidades	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Defectos	1	2	2	1	2	2	2	3	2	1	3	2	23
DPU	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	1	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,522727273
DPO	0,167	0,133	0,167	0,167	0,133	0,167	0,333	0,200	0,167	0,167	0,200	0,167	0,174
DPMO	166.667	133.333	166.667	166.667	133.333	166.667	333.333	200.000	166.667	166.667	200.000	166.667	174.242

Tipo de defecto	Defectos		%
Espesor del hilo	11	Rollos	47,83%
Humedad	7	Rollos	30,43%
Basuras en madeja	5	Rollos	21,74%
Total defectos	23	Rollos	



Anexo 6. Hoja de trabajo para la medición de esponjilla

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15
Hora 1	6,04	5,68	5,58	5,46	5,94	5,44	5,46	5,38	5,26	5,44	4,52	5,58	4,92	4,72	4,94
Hora 2	6,32	5,74	5,62	5,42	5,66	5,26	5,30	5,90	5,48	5,30	4,92	4,96	4,66	4,64	4,66
Hora 3	6,26	5,98	5,38	5,52	5,58	5,48	5,26	5,34	5,80	5,44	4,98	4,88	4,62	4,72	4,58
Hora 4	6,80	5,66	5,40	5,66	5,56	5,36	5,34	5,44	5,38	5,54	4,92	4,88	4,70	4,78	4,58

Cada uno representa una muestra de 5 esponjillas

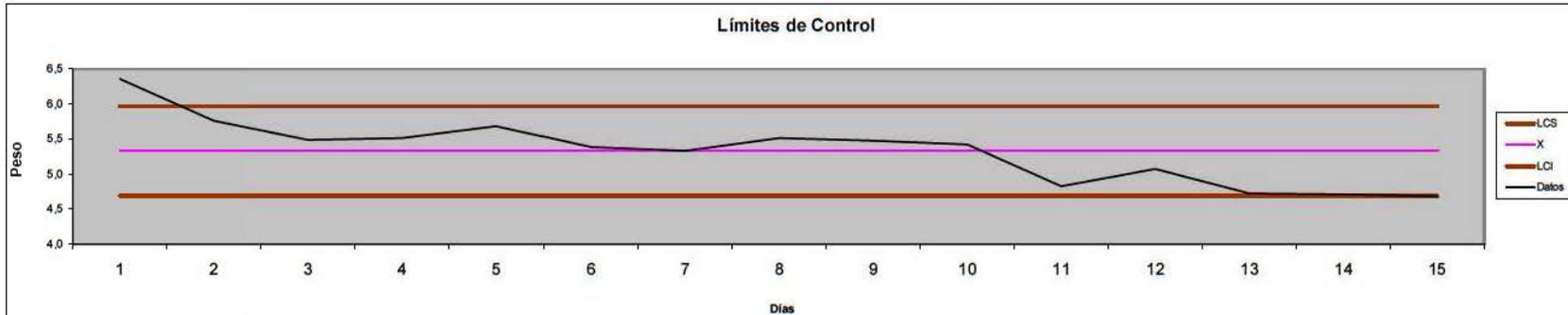
Promedio	6,36	5,77	5,50	5,52	5,69	5,39	5,34	5,52	5,48	5,43	4,84	5,08	4,73	4,72	4,69
Dev est	0,320156212	0,147309199	0,122610494	0,105039675	0,175404295	0,097125349	0,086409876	0,25993589	0,231516738	0,098657657	0,211896201	0,338772293	0,134039795	0,057445626	0,170880075
Rango	0,76	0,32	0,24	0,24	0,38	0,22	0,2	0,56	0,54	0,24	0,46	0,7	0,3	0,14	0,36

Indices	
cp	0,6281
Cpi	0,1631
Cps	1,0931
Cpk	0,1631

Símbolo	Descripción	Resultado
n	Tamaño de la muestra	5
U	Promedio proceso	5,33367
X	Promedio muestral	5,33367
S	Des est proceso	0,47764
σ	Des est muestral	0,45988
z		3,00000
σ_z	Dev est de la media de las muestras	0,21361
Raíz de n		2,23607
LCS		5,97449
LCI		4,69284

Promedio	5,33 gr.
Mediana	5,39 gr.
Moda	5,44 gr.
Max	6,80 gr.
Min	4,52 gr.
ES	6,90 gr.
EI	5,10 gr.
Rango	0,40 gr.
S	0,4776 gr.
σ	0,4599 gr.
Coef Variación	8,6222

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15
LCS	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745	5,9745
X	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337	5,3337
LCI	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928	4,6928
Datos	6,36	5,77	5,50	5,52	5,69	5,39	5,34	5,52	5,48	5,43	4,84	5,08	4,73	4,72	4,69



Anexo 7. Hoja de trabajo para la mejora de esponjilla

	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10
Hora 1	6,14	6,24	6,10	5,90	6,26	6,36	6,30	6,90	5,80	6,20
Hora 2	6,20	6,18	6,30	6,14	5,98	5,98	6,16	5,32	6,22	6,02
Hora 3	5,72	6,10	6,12	6,26	6,20	5,60	6,02	5,74	6,06	6,32
Hora 4	5,84	6,26	6,08	5,84	6,40	6,04	6,06	6,10	6,18	6,14

Cada uno representa una muestra de 5 esponjillas

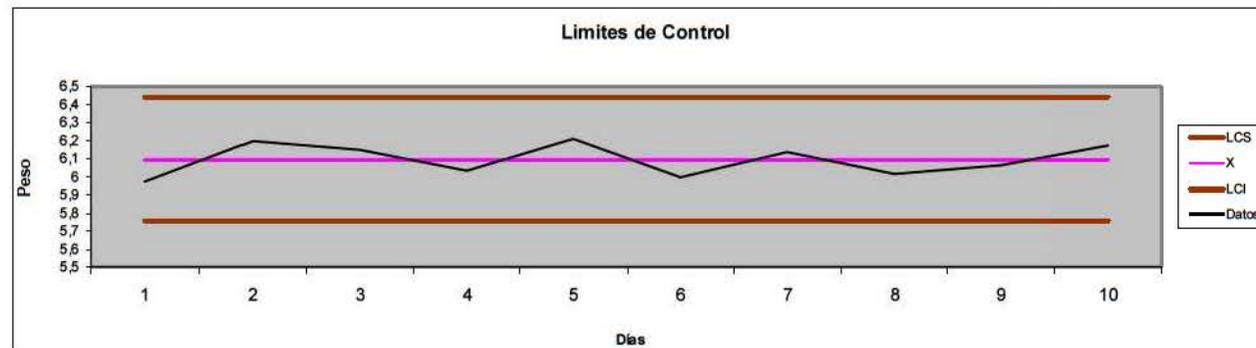
Promedio	5,98	6,20	6,15	6,04	6,21	6,00	6,14	6,02	6,07	6,17
Desv est	0,2317326	0,07187953	0,10132456	0,198242276	0,174737899	0,311715682	0,124766448	0,67059675	0,18929694	0,12489996
Rango	0,48	0,16	0,22	0,42	0,42	0,76	0,28	1,58	0,42	0,3

Índices	
Cp	1,1770
Cpi	1,3006
Cps	1,0534
Cpk	1,0534

Símbolo	Descripción	Resultado
n	Tamaño de la muestra	5
U	Promedio proceso	6,09450
X	Promedio muestral	6,09450
S	Des est proceso	0,25488
σ	Des est muestral	0,08742
z		3,00000
σ_z	Dev est de la media de las muestras	0,11399
Raíz de n		2,23607
LCS		6,43646
LCI		5,75254

Promedio	6,09 gr.
Mediana	6,13 gr.
Moda	6,14 gr.
Max	6,90 gr.
Min	5,32 gr.
ES	6,90 gr.
EI	5,10 gr.
Rango	0,40 gr.
S	0,2549 gr.
δ	0,0874 gr.
Coef Variación	1,43

	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10
LCS	6,43645749	6,43645749	6,43645749	6,436457487	6,436457487	6,436457487	6,436457487	6,43645749	6,43645749	6,436457487
X	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09
LCI	5,75254251	5,75254251	5,75254251	5,752542513	5,752542513	5,752542513	5,752542513	5,75254251	5,75254251	5,752542513
Datos	5,975	6,195	6,15	6,035	6,21	5,995	6,135	6,015	6,065	6,17



Anexo 8. Tabla de conversión al sistema Seis Sigma

Indice de capacidad (Cpk)	Sigma a corto plazo	Rendimiento	Defectos por millón de oportunidades
2	6	99,99966	3
1,97	5,9	99,99946	5
1,93	5,8	99,9915	9
1,9	5,7	99,9987	13
1,87	5,6	99,9979	21
1,83	5,5	99,9968	32
1,8	5,4	99,995	48
1,77	5,3	99,993	72
1,73	5,2	99,989	108
1,7	5,1	99,984	159
1,67	5	99,98	233
1,63	4,9	99,97	337
1,6	4,8	99,95	483
1,57	4,7	99,93	687
1,53	4,6	99,9	968
1,50	4,5	99,87	1350
1,47	4,4	99,81	1866
1,43	4,3	99,74	2555
1,40	4,2	99,65	3467
1,37	4,1	99,5	4661
1,33	4	99,4	6210
1,30	3,9	99,2	8198
1,27	3,8	98,9	10724
1,23	3,7	98,6	13903
1,20	3,6	98,2	17864
1,17	3,5	97,7	22750
1,13	3,4	97,1	28716
1,10	3,3	96,4	35930
1,07	3,2	95,5	44565
1,03	3,1	94,5	54799
1,00	3	93,3	66807
0,97	2,9	91,9	80757
0,93	2,8	90,3	96801
0,90	2,7	88,5	115070
0,87	2,6	86,4	135666
0,83	2,5	84,1	158655
0,80	2,4	81,6	184060
0,77	2,3	78,8	211855
0,73	2,2	75,8	241964
0,70	2,1	72,6	274253
0,67	2	69,1	308538
0,63	1,9	65,5	344578
0,60	1,8	61,8	382089
0,57	1,7	57,9	420740
0,53	1,6	54	460172
0,50	1,5	50	500000
0,47	1,4	46	539828
0,43	1,3	42,1	579260
0,40	1,2	38,2	617911
0,37	1,1	34,5	655422
0,33	1	30,9	691462
0,30	0,9	27,4	725747
0,27	0,8	24,2	758036
0,23	0,7	21,2	788145
0,20	0,6	18,4	815940
0,17	0,5	15,9	841345
0,13	0,4	13,6	864334
0,10	0,3	11,5	884930
0,07	0,2	9,7	903199
0,03	0,1	8,1	919243
0,00	0	6,7	933193