



**FACULTAD DE POSTGRADO
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA
REDUCCIÓN DEL DEFECTO MAL CORTE EN LA PLANTA DE
CORTE, HANES BRANDS INC.**

SUSTENTADO POR:

**CHRISTIAN MARÍA RAMÍREZ RÁPALO
CRISTHIAN GERARDO REYES MORÁN**

PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE:

**MASTER EN FINANZAS Y
MASTER EN DIRECCIÓN EMPRESARIAL**

SAN PEDRO SULA, CORTÉS. HONDURAS, C.A.

ENERO 2018

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
CENTROAMERICANA**

**UNITEC
FACULTAD DE POSTGRADO**

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

**RECTOR
MARLON BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL
ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTOR ACADÉMICO
DESIREE TEJADA CALVO**

**VICEPRESIDENTE UNITEC, CAMPUS S.P.S
CARLA MARÍA PANTOJA**

**DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO
JOSÉ ARNOLDO SERMEÑO LIMA**

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA
REDUCCIÓN DEL DEFECTO MAL CORTE EN LA PLANTA DE
CORTE, HANES BRANDS INC.**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE**

**MASTER EN
FINANZAS
DIRECCIÓN EMPRESARIAL**

**ASESOR METODOLÓGICO
OLVAN LÓPEZ FERRERA**

**ASESOR TEMÁTICO
LORENA YAZMIN RAMÍREZ RÁPALO**

**MIEMBROS DE LA TERNA
ABEL E. SALAZAR
JOSUÉ GALEL NÚÑEZ
FERNANDO RUIZ**

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2018

**CHRISTIAN MARÍA RAMÍREZ RÁPALO
CRISTHIAN GERARDO REYES MORÁN**

Todos los derechos son reservados.

AUTORIZACIÓN DE AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRONICA DE TEXTO COMPLETO DE TESIS DE POSTGRADO

Señores:

CENTRO DE RECURSOS PARA
EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN (CRAI)
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA (UNITEC)
San Pedro Sula

Estimados señores:

Yo, Nery Armando Fernández Rápalo, de San Pedro Sula, autor del trabajo de postgrado titulado: ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA ADQUISICIÓN DE DOS CRIBAS VIBRATORIAS PARA LA PLANTA DE TRITURACIÓN DE PRODUCTORA DE AGREGADOS S. A., presentado y aprobado en Enero 2018, como requisito previo para optar al título de Máster en Dirección Empresarial y reconociendo que la presentación del presente documento forma parte de los requerimientos establecidos del programa de maestría de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), por este medio autorizo a las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de UNITEC, para que con fines académicos puedan libremente registrar, copiar o utilizar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

- 1) Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en las salas de estudio de la biblioteca y/o la página Web de la Universidad.
- 2) Permita la consulta y/o la reproducción a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tenga finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde internet, Intranet, etc., y en general en cualquier otro formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en los artículos 9.2, 18, 19, 35 y 62 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los derechos morales pertenecen al autor y son personalísimos, irrenunciables, imprescriptibles e inalienables. Asimismo, el autor cede de forma ilimitada y exclusiva a UNITEC la titularidad de los derechos patrimoniales. Es

entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de UNITEC.

En fe de lo cual se suscribe el presente documento en la ciudad de San Pedro Sula, a los 2 días del mes de Febrero del año 2018.

Christian Maria Rápalo Ramirez
21153050

Cristhian Gerardo Reyes Moran
20943070



FACULTAD DE POSTGRADO

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DEL DEFECTO MAL CORTE EN LA PLANTA DE CORTE, HANES BRANDS INC.

AUTORES:

CHRISTIAN MARÍA RAMÍREZ RÁPALO

CRISTHIAN GERARDO REYES MORÁN

RESUMEN EJECUTIVO

Hanes Brands Inc es una empresa de manufactura, la marca Hanes es reconocida a nivel mundial, la planta de Corte es uno de los procesos que inician con la cadena de suministros para la manufactura de vestimenta en Honduras. La calidad del producto es vital para la marca Hanes ya que es lo que hace que sus clientes la prefieran ante sus competidores. El propósito de esta investigación es implementar un proyecto para mejora de procesos basado en la metodología Seis Sigma y así reducir los índices de mala calidad y recortes, las variables independientes que se han detectado son: mano de obra, maquinaria, método, medio ambiente, medición y materiales. El diseño de investigación que se utilizó tiene un enfoque mixto con una investigación experimental y no experimental. Los experimentos miden las variables que contribuyen a la reducción del defecto de mal corte en el proceso de producción según el análisis estadístico de los datos numéricos obtenidos del proceso. Con los resultados obtenidos se concluye, que la planta de corte a través de la implementación del plan de mejora propuesto para reducir el defecto mal corte en el proceso de corte lograra reducir la media de los defectos por millón y con ello eliminar los errores que causan el defecto en el proceso. La planta de corte ha generado una reducción en la media de los defectos por millón de un 73% y un potencial ahorro anual de \$18,712.08.

Palabras Clave: mano de obra, maquinaria, método, medio ambiente, medición y materiales



FACULTAD DE POSTGRADO

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DEL DEFECTO MAL CORTE EN LA PLANTA DE CORTE, HANES BRANDS INC.

AUTHORS:

CHRISTIAN MARÍA RAMÍREZ RÁPALO

CRISTHIAN GERARDO REYES MORÁN

ABSTRACT

Hanes Brands Inc is a manufacturing company, the Hanes brand is recognized worldwide, the cutting plant is one of the processes that begin with the supply chain for the manufacture of clothing in Honduras. The quality of the product is vital for the Hanes brand since it is what makes its customers prefer it to its competitors. The purpose of this research is to implement a project to improve processes based on the Six Sigma methodology and thus reduce the indexes of poor quality and cuts, the independent variables that have been detected are: labor, machinery, method, environment, measurement and materials. The research design that was used has a mixed approach with experimental and non-experimental research. The experiments measure the variables that contribute to the reduction of the bad cut defect in the production process according to the statistical analysis of the numerical data obtained from the process. With the results obtained, it is concluded that the cutting plant through the implementation of the proposed improvement plan to reduce the defect in the cutting process will reduce the average defects per million and thus eliminate the errors that cause the defect in the process. The cutting plant has generated a reduction in the average defects per million o

f 73% and a potential annual saving of \$ 18,712.08.

Keywords: labor, machinery, method, environment, measurement and materials

DEDICATORIA

A DIOS quien es nuestra fortaleza y guía en todas las actividades que emprendamos; por su incondicional e innegable presencia en nuestras vidas y por todas las bendiciones que nos ha brindado a lo largo de nuestras vidas.

A NUESTROS PADRES por creer en nosotros y darnos el mejor ejemplo, por su amor, apoyo y por ser responsables de quien hoy en día somos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro Dios, por ser nuestra luz en todo momento, por darnos la oportunidad de dar un paso más a nivel profesional, crecer y por poner en nuestro camino a todas aquellas personas que hicieron posible para nosotros alcanzar esta meta.

A nuestros padres por la oportunidad que nos brindaron al otorgarnos el privilegio de los estudios.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional.

A nuestros catedráticos, por sus exigencias y ansias de enseñar.

A LA EMPRESA HANES BRANDS, por permitirnos realizar este estudio y al mismo tiempo facilitarnos la información necesaria para la realización del mismo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	4
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	8
2.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO-ENTORNO	8
2.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO	10
2.1.3 ANÁLISIS INTERNO	17
2.2 TEORÍAS	20
2.2.1 TEORÍA DE SUSTENTO.....	20
2.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	24
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA	24
3.1.1 LA MATRIZ METODOLÓGICA	24
3.1.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES	25
3.1.3 HIPÓTESIS	26

3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS	26
3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	28
3.3.1 POBLACIÓN	28
3.3.2 MUESTRA	28
3.3.3 UNIDAD DE ANÁLISIS	28
3.3.4 UNIDAD DE RESPUESTA.....	29
3.3 TÉCNICA E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	29
3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	29
3.5.1 FUENTES PRIMARIAS	29
3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS.....	30
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	31
4.1 DEFINIR	31
4.1.1 DEFINIR A LOS CLIENTES Y LOS REQUERIMIENTOS.....	31
4.1.2 CARTA DEL PROYECTO.....	32
4.1.3 MAPA DE PROCESO DE ALTO NIVEL (SIPOC)	33
4.1.4 MAPA DETALLADO DEL PROCESO.....	34
4.2 MEDIR	35
4.2.1 ANÁLISIS DE CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO	36
4.3 ANALIZAR	38
4.3.1 DEFECTO POR TURNOS Y MÁQUINAS	38
4.4 MEJORAR	41
4.4.1 CAPACIDAD DEL PROCESO AJUSTADO	41
5.5 CONTROL.....	44
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1 CONCLUSIONES	45
5.2 RECOMENDACIONES	45

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXOS	50
Anexo 1.	50
TABLA DE CAUSAS POR C16.	50
Anexo 2.	51
NUEVO FORMATO DE AUDITORÍA DE PROCESO.....	51
Anexo 3.	52
REPORTE DE RECHAZOS DIARIO POR ESTILO, DEFECTO, PARTE.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cantidad dólares consumidos por mes real versus cantidad de dólares presupuestado...	4
Tabla 2: Empresas que han implantado Seis Sigma a nivel mundial	10
Tabla 3: Niveles de Seis Sigma.....	14
Tabla 4: Matriz Metodológica de la Investigación.....	24
Tabla 5: Operacionalización de la variables.....	25
Tabla 6. Carta del proyecto.....	32
Tabla 7. Diagrama SIPOC.....	33
Tabla 8: Tabla de Ahorro.....	43
Tabla 9: Test de información.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico de resultado DPM en el año 2016 / 2017.....	2
Figura 2: Total de unidades defectuosas y la cantidad de unidades defectuosas por Mal Corte.....	3
Figura 3: Pareto de Mayores 10 Defectos en los recortes	5
Figura 4: Costos de la Calidad Fuente: Montgomery (2006:27) Elaboración Propia.....	13
Figura 5: Ancho de Proceso Elaboración Propia Fuente: Instituto para la Calidad.....	15
Figura 6: Etapas de la metodología Seis Sigma.....	15
Figura7: Pilares del sistema de gestión de la calidad	19
Figura 8: Diagrama de proceso planta de Corte.....	19
Figura 9: Defecto Mal Corte.....	20
Figura 10: Diseño de la metodología de investigación a seguir.....	26
Figura 11: Características críticas para la calidad del cliente.....	32
Figura 12: Mapa de proceso de Tendido	34
Figura 13: Mapa de proceso de corte	35
Figura 14: Gráfico de Control.....	36
Figura 15: Capacidad de Proceso.....	37
Figura 16: Gráfico de Pareto.....	37
Figura 17: Gráfico de Box Plot, Turno y Maquina	38
Figura 18: Diagrama de Causa y Efecto.....	39
Figura 19: Matriz Causa y Efecto.....	39
Figura 20: Hoja de Recolección de Datos.....	40
Figura 21: Gráfico de Ocurrencias de causas por Mal Corte (C16).....	40
Figura 22: Plan de Acción.....	41
Figura 23: Gráfico de Control Antes y Después.....	42
Figura 24: Capacidad de Proceso.....	42
Figura 25: Analisis Modal Efecto y Falla.....	44

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo muestra de forma detallada el tema de investigación a desarrollar, da a conocer los antecedentes que pueden fundamentar el problema, se elaboran las preguntas del estudio, se define el objetivo general y los objetivos específicos y, así mismo se justifica el proyecto basado en lo desarrollado anteriormente para determinar sus beneficios e importancia.

1.1 INTRODUCCIÓN

La calidad del producto es uno de los pilares más importantes en las compañías de manufactura. Esto debido a que los costos de la mala calidad suelen ser muy altos, además de correr el riesgo de enfrentarse a cancelaciones de órdenes por parte de los clientes debido a la mala calidad de los productos entregados.

Hanes cuenta con múltiples competidores, la calidad del producto es lo que hace que la marca sea competitiva en el mercado. Cada vez el costo de manufactura se ve retado para poder mantener la competitividad del producto en el mercado. Lo anterior lleva a las empresas a impulsar iniciativas estratégicas en función de mejoras de procesos. Por tal razón la compañía Hanes Brands Inc en su cadena de suministros Corte decide implementar como proyecto de mejora la aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir los costos de mala calidad obteniendo así mayor competitividad.

Razón por la cual esta compañía - Hanes Brands Inc - en su cadena de suministros Corte, alineando su estrategia de negocio de fortalecer estándares de calidad de los productos y reducir los costos de sobre consumo por partes cortadas defectuosas, decide implementar como proyecto de mejora la aplicación de la metodología Seis Sigma.

Debido a esto, es fundamental revisar los procesos operativos de la planta de corte que requieren una mejora de proceso, por lo que el presente informe tiene como objetivos principales: Identificar el proceso de mayor incidencia de producto defectuoso en la empresa Hanes Brands Inc en la planta de Corte, definir las causas de los defectos y fallas en el proceso de Corte, determinar alternativas de mejora y evaluar el costo beneficio de la implementación de la

metodología Seis Sigma de manera que la compañía en la planta de Corte logre ser una empresa competitiva en calidad y servicio.

1.2 ANTECEDENTES

La planta de Corte es el primer proceso en la cadena de suministros de Innerwear en Hanes Brands Inc. La planta cuenta con 3 turnos y de 300 empleados. La producción de la planta de Corte son 60,000 docenas en promedio por semana exportadas a plantas de costura.

Para asegurar la calidad en cada uno de sus procesos productivos definidos como: Corte Gerber y Tendido, la empresa ha implementado un sistema de gestión de la calidad certificado con la norma ISO 9001:2008.

Se ha definido en el sistema de gestión de calidad un indicador meta de 4,500 DPM (Defectos por millón) máximo en productos no conformes que incluye la suma de los productos defectuosos de todos los procesos productivos entre la producción de todas las partes cortadas por un millón. La figura 1 muestra el resultado de calidad en el año 2016 / 2017 tomando únicamente las partes defectuosas por el defecto mal corte.

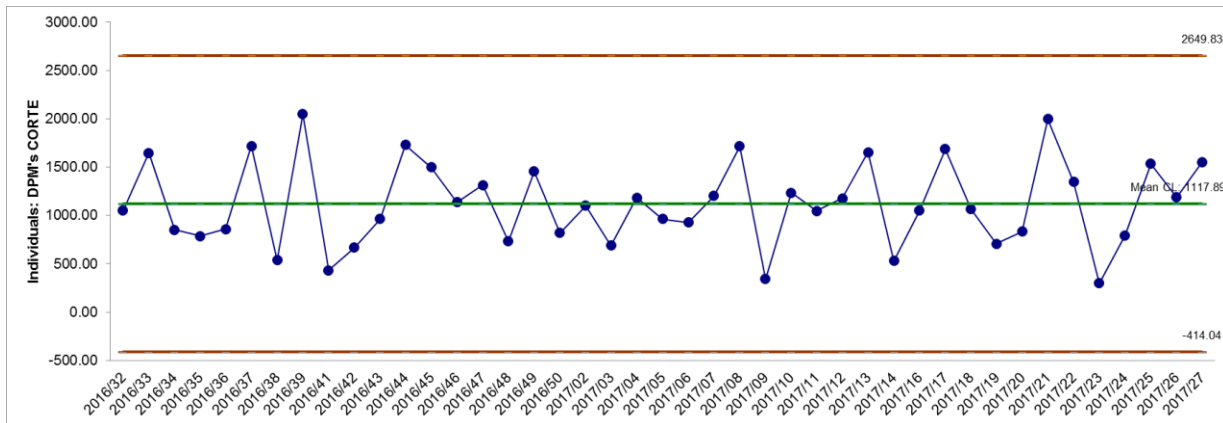


Figura 1. Gráfico de resultado DPM en el año 2016 / 2017.

Como se puede observar en la figura 1, el comportamiento de la calidad no es estable y tiene una variación muy amplia, el proceso no está controlado y hay meses fuera de meta, la meta para este defecto es de 500 defectos por millón. El defecto número uno es el Mal Corte. El cual se genera en el proceso de Corte Gerber, el proceso de corte se lleva a cabo mediante máquinas

automáticas. Para mejorar, la compañía ha decidido desarrollar proyectos de mejora en el proceso para reducir la cantidad de unidades defectuosas por este defecto.

El defecto de Mal Corte representa el 10% del total del costo del sobre consumo en los recortes de la cadena de suministros de Innerwear. En la Figura 2, se muestra el total de unidades defectuosas y la cantidad de unidades defectuosas por Mal Corte en un período de doce meses.

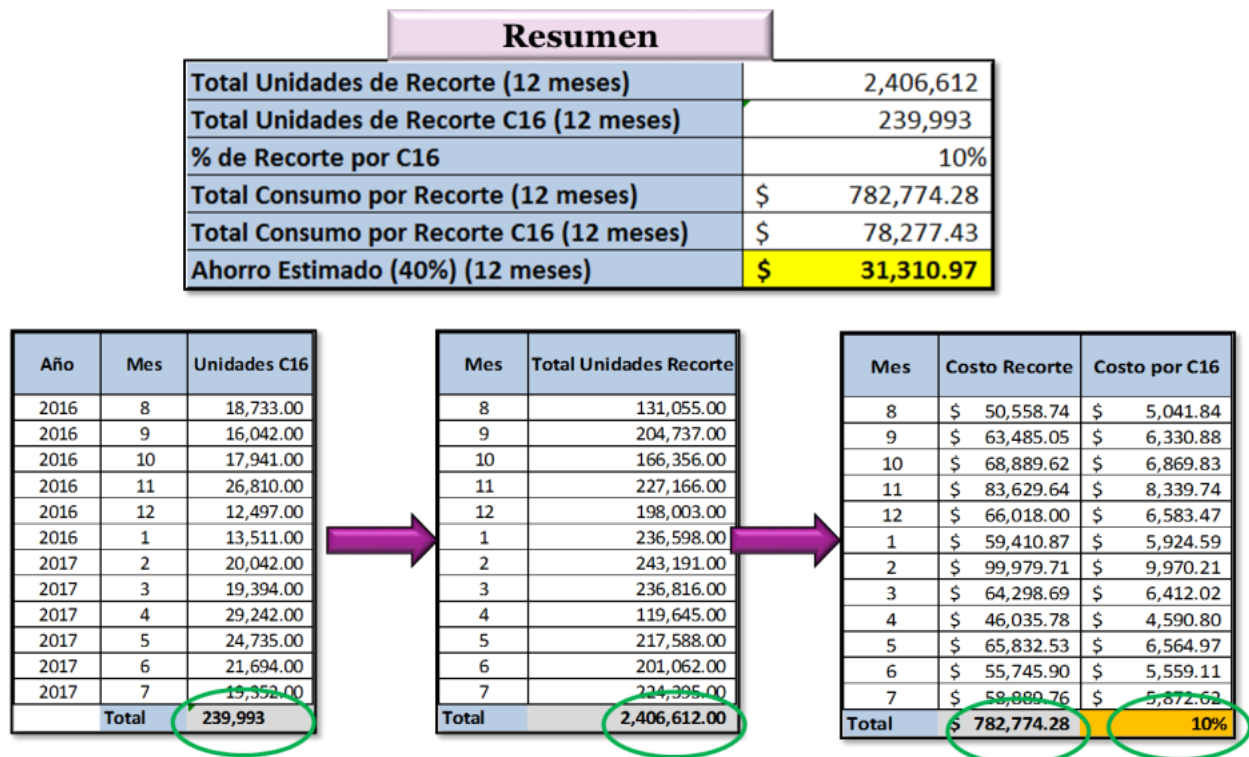


Figura 2. Total de unidades defectuosas y la cantidad de unidades defectuosas por Mal Corte en un período de doce meses.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

“Plantear el problema no es sino afinar y estructurar más formalmente la idea de investigación”, el paso de la idea al planteamiento del problema en ocasiones puede ser inmediato, casi automático, o bien llevar una considerable cantidad de tiempo; ello depende de cuan formalizado estén con el tema a tratar, de la complejidad misma de la idea, la existencia de los antecedentes, el empeño y las habilidades personales. Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.36).

1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La compañía está enfrentándose a un sobre consumo de tela por recortes de un 45% fuera de la meta presupuestada financieramente. Ilustrado en la tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de dólares consumidos por mes real versus cantidad de dólares presupuestado para consumo de recorte.

Mes	Costo Recorte	Costo Presupuestado	Diferencia	Costo por C16
8	\$ 50,558.74	\$36,000	\$ 14,558.74	\$ 5,041.84
9	\$ 63,485.05	\$36,000	\$ 27,485.05	\$ 6,330.88
10	\$ 68,889.62	\$36,000	\$ 32,889.62	\$ 6,869.83
11	\$ 83,629.64	\$36,000	\$ 47,629.64	\$ 8,339.74
12	\$ 66,018.00	\$36,000	\$ 30,018.00	\$ 6,583.47
1	\$ 59,410.87	\$36,000	\$ 23,410.87	\$ 5,924.59
2	\$ 99,979.71	\$36,000	\$ 63,979.71	\$ 9,970.21
3	\$ 64,298.69	\$36,000	\$ 28,298.69	\$ 6,412.02
4	\$ 46,035.78	\$36,000	\$ 10,035.78	\$ 4,590.80
5	\$ 65,832.53	\$36,000	\$ 29,832.53	\$ 6,564.97
6	\$ 55,745.90	\$36,000	\$ 19,745.90	\$ 5,559.11
7	\$ 58,889.76	\$36,000	\$ 22,889.76	\$ 5,872.62
Total	\$ 782,774.28	\$432,000	\$ 350,774.28	10%

En el Pareto de defectos podemos observar que el defecto número uno es el “Mal Corte (C16)” defecto que se genera directamente en el proceso de Corte, este defecto representa el 10% del sobre consumo total. Ilustrado en la figura 3.

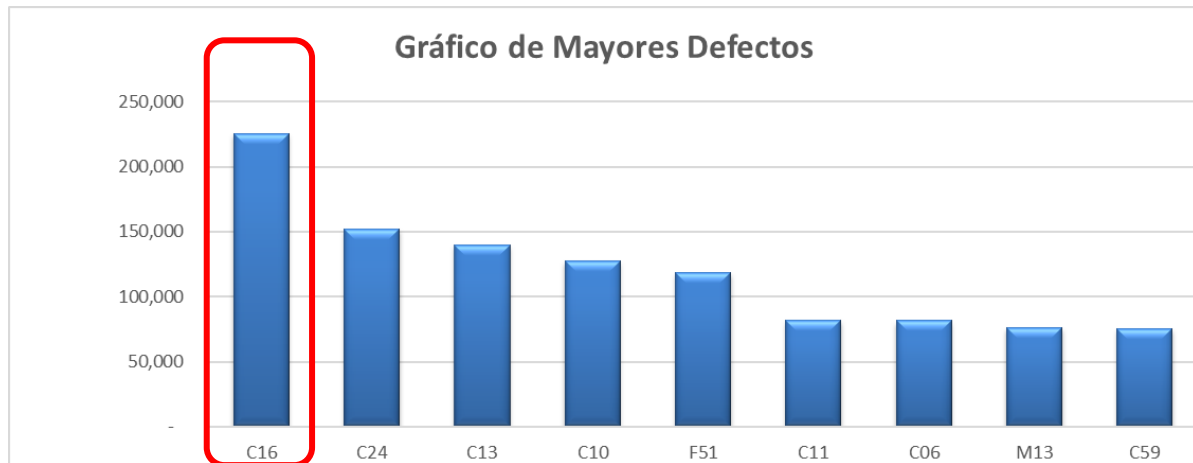


Figura 3. Pareto de Mayores 10 Defectos en los recortes.

Como se puede observar en la figura 3 el defecto que más frecuente en el proceso es el mal corte (C16), representando el error número uno en el gráfico de Pareto donde se muestran los 10 mayores defectos de la cadena de suministros de Corte. La alta gerencia solicita reducir en al menos un 40% el defecto mal corte, la alta gerencia solicita el porcentaje de reducción en base al promedio de los porcentajes de reducción experimentados en proyectos de mejora continua implementados anteriormente en la planta de Corte.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La empresa Hanes Brands Inc en la cadena de suministros Corte presenta en los resultados un sobre consumo por mala calidad fuera de meta en base al objetivo meta presupuestado, en base a esto se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo a través de la implementación de la metodología Seis Sigma enfocada en la cadena de suministros Corte (defecto 1) se logra reducir en un 40% los DPM's del defecto Mal Corte y las variables que lo causan.

1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Las preguntas de investigación representan el componente central de estudio, ya que estas se conducirán a encontrar la respuesta a la interrogante planteada y posiblemente generan otras interrogantes que den lugar a otras investigaciones (Del Cid Pérez, 2007).

A continuación, se detallan las preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son las variables que causan el defecto de Mal Corte por medio del diagrama causa y efecto 6 M's?
2. ¿Cómo reducir la variación del proceso de Corte para impactar el costo de sobre consumo por Mal Corte?
3. ¿Qué plan de control deberá ser implementado para sostener las mejoras logradas a través del tiempo en el proceso de Corte?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

En cada investigación es importante definir los objetivos que son la plataforma para el estudio dando una mejor solución a la dificultad proyectada. Son formulados como proposiciones basados en conceptos teóricos fundamentales en forma explícita por medio de un verbo (analizar, explicar, comprender, describir, explorar, etc.), abordando un sector de la realidad en un espacio y tiempo determinado (Sautu, 2005).

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta investigación se define de la siguiente manera:

Implementar la metodología Seis Sigma enfocada en la cadena de suministros Corte (defecto 1) para reducir en un 40% los DPM's del defecto Mal Corte y las variables que lo causan.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A continuación, se despliegan los objetivos específicos, los cuales son la base para poder lograr el objetivo general de la investigación.

1. Determinar las variables que causan el defecto de Mal Corte por medio del diagrama causa y efecto 6 M's.
2. Identificar los principales errores que causan la variación del proceso de Corte para impactar el costo de sobre consumo por Mal Corte.
3. Definir e implementar un plan de control para sostener las mejoras logradas a través del tiempo en el proceso de Corte.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Las organizaciones hoy en día buscan estrategias para mejorar sus procesos y así poder obtener un mejor desempeño en sus resultados, optimizando los recursos a su disposición. Es por ello que la compañía Hanes Brands Inc en su cadena de suministros Corte, busca implementar metodologías de mejora continua y así determinar alternativas para mejorar su disposición competitiva dentro del mercado para reducir los costos de la mala calidad y así poder mantener y mejorar la satisfacción de sus clientes.

Con la aplicación de la estrategia de mejora continua Seis Sigma, se busca mejorar el desempeño del proceso de Corte en Hanes Brands Inc, eliminando los principales errores que causan el defecto número uno que es el Mal Corte, de esta forma se proyecta reducir el defecto de Mal Corte en un 40%.

La planta de Corte presenta un 45% de sobre consumo por recortes fuera de la meta presupuestada. El defecto mal corte se genera durante el proceso de corte y es el número uno en el gráfico de defectos. Este defecto representa una insatisfacción para los clientes externos, así como para los empleados de este proceso por su ocurrencia durante la jornada laboral.

La aplicación de la metodología para reducir las partes cortadas defectuosas en el proceso de Corte también ayudará a detectar los errores y deficiencias del proceso, que son posibles causas de la mala calidad; generando importantes beneficios como ser: satisfacción de los clientes por calidad de partes cortadas, disminución de pérdidas por partes cortadas defectuosas, evitar retrasos en el flujo de producción por defectos de calidad, reducir y/o eliminar los re-procesos, eliminar los errores, y los desperdicios de tela.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Después de analizar el planteamiento del problema, los antecedentes, formulación, preguntas de investigación, objetivos de la investigación y la justificación; se presenta en el presente capítulo la fundamentación teórica de la investigación.

En este capítulo se considerará un análisis que comprenda tanto el macro-entorno como el micro-entorno en relación a las condiciones que tienen relación con la metodología Seis Sigma tanto a nivel mundial, como en Honduras. Se abordará también el análisis a lo interno de Hanes Brands Inc en su cadena de suministros Corte y por último, la conceptualización de las variables de investigación, así como las teorías y los instrumentos que contribuirán al desarrollo del tema de investigación.

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A continuación, se detalla un resumen del desarrollo de la metodología Seis Sigma en el macro y micro entorno de las organizaciones a nivel mundial.

2.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO-ENTORNO

En esta sección se analizará el macro entorno. En la actualidad las empresas multinacionales se enfrentan cada día a más competidores en el mercado local y global. Las empresas tienen que ser competitivas en dos aspectos fundamentales: precio y calidad. Es por ello que cada vez más, las empresas buscan implementar proyectos de mejora a sus procesos. Estos proyectos les permiten mejorar la calidad de sus productos y reducir los costos de operación, lo que las hace ser más competitivas en el mercado.

Compañías de alto reconocimiento en el mundo han implementado metodologías de mejora continua, la metodología Seis Sigma se ha implementado en empresas de diferente tipo de manufactura.

Organizaciones en todo el mundo realizan esfuerzos importantes para realizar actividades de mejora para reducir todo: número de empleados, los tiempos de entrega, los inventarios y las no conformidades. Para lograr esto cada vez más empresas consideran la reducción de la variación como la oportunidad de mejora número uno. Las organizaciones consideran la variación como fuente principal de clientes insatisfechos, márgenes insatisfactorios, desviaciones del presupuesto, una baja rentabilidad del capital circulante, retardos en el lanzamiento de nuevos productos, campañas de marketing sin éxito, sistemas de tecnología de la información poco fiables, plazos de cobro altos y una cadena de suministros que funciona con lentitud. A nivel, reclamaciones, actuar como “bomberos”, exceso de producción, entregas con retraso, mala fiabilidad y tolerancia en los diseños. (Magnusson, 2006).

El concepto de Seis Sigma como una estrategia de mejora a calidad nace a mediados de los 80 en Motorola, quien en el año 1989 anuncio un objetivo a cinco años: una tasa de defectos de no más de 3.4 partes por millón, Seis Sigma (Gutiérrez, 2005).

Así, las experiencias de las compañías que han decidido implantar Seis Sigma permiten indicar desde cifras globales de reducciones del 90% del tiempo de ciclo o 15 mil millones de dólares de ahorro en 11 años (Motorola), aumentos de productividad del 6% en dos años (Allied Signal), hasta los más recientes de entre 750 y 1,000 millones de dólares de ahorro en un año (General Electric) (González, 2003).

Otro ejemplo lo constituye Telefónica Latinoamérica que ha consolidado su liderazgo incrementando su volumen de líneas en servicio en un 12% hasta 21,6 millones y casi duplicando su resultado neto hasta alcanzar los 1,275 millones de dólares, apoyando sus avances a través de la implantación de Seis Sigma (Rico, 2003, p. 223).

Todas estas organizaciones han logrado importantes beneficios económicos al implementar la estrategia de mejora Seis Sigma. En la tabla 2 se resumen estos beneficios.

Tabla 2. Beneficios de las empresas que han implantado Seis Sigma a nivel mundial.

COMPAÑÍA	ROI	PERIODO DE TIEMPO
Allied Signal	\$1,2 BUSD	2 Años
General Electric	\$1,1 BUSD	Primeros 9 meses
General Electric	\$2,0 BUSD	En 1999
Toshiba	\$1,0 BUSD	En 2001
Dow	1,5 BUSD	En 5 años
Dupont	\$700 BUSD	En el 2000
Polarid	\$ 100 BUSD	Primer año
Siebe PLC	\$ 100 BUSD	9 Meses
Crane's	\$10 BUSD	Primeros 9 Meses
Lockheed Martin	\$10 BUSD	Primeros 9 Meses
Ford	\$250 BUSD	Promedio del proyecto en el primer año

Fuente: Seis Sigma un nuevo soporte para las empresas del futuro, García María, Márquez Nicet, Posada Catalina, Universidad de la Sabana Ciencias Económicas y Administrativas, 2005.

2.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO

En esta sección, se definen los conceptos teóricos relacionados a la metodología DMAIC que serán utilizados en el planteamiento de las propuestas de mejora para los procesos en estudio. Los conceptos desarrollados en este capítulo son los siguientes: proceso, mejora de procesos y calidad, costos de calidad, Seis Sigma, metodología DMAIC y herramientas de la calidad.

De acuerdo con Collier, un proceso es una sucesión de actividades que busca la obtención de un cierto resultado (2009:17). Sin embargo, no basta conocer solo la definición, sino que se debe entender los procesos desde el punto de vista de los negocios. Por ello, el autor menciona que los procesos de negocios incluyen los siguientes procesos:

1. Proceso de creación de valor: este busca concentrarse en los bienes y servicios primarios con el fin de generar valor.
2. Proceso de apoyo: son los procesos de soporte en todo sistema, tales como, compras, administración de inventario, mantenimiento, soporte al cliente, etc.
3. Proceso de administración general: este considera a contabilidad, administración de RRHH, sistemas de información y marketing.

Mejora de proceso y Calidad: De acuerdo con Collier, la mejora de procesos difícilmente se realiza a partir de la nada; por el contrario, es resultado del rediseño de procesos ya existentes (2009:281). Es importante mencionar que dicha mejora busca:

1. Elevar el nivel de ingresos de la compañía al tener procesos más eficientes (reducción de defectos y mermas), permitiendo además la posibilidad de adquirir mejor tecnología.
2. Aumentar la agilidad de respuesta ante posibles cambios en la demanda y las expectativas del cliente.
3. Elevar la calidad del producto o servicio al cliente reduciendo el porcentaje de defectos, errores, fallas o mal servicio.
4. Reducir las actividades que no generen valor agregado o disminuir los costos con el empleo de mejor tecnología.

Reducción en el tiempo de flujo del proceso al eliminar esperas o movimientos innecesarios. Se debe tener en cuenta que la primera instancia de la mejora se da con la cuantificación del desempeño real para poder realizar comparaciones con rendimientos pasados y analizar los impactos obtenidos. Sin embargo, lo ideal es finalmente compararla con el rendimiento de empresas reconocidas por sus mejores prácticas. Según el autor Montgomery, calidad está directamente relacionada con la adecuación para el uso y desde el punto de vista moderno la define como inversamente proporcional a la variabilidad (2006: 2-4). Además, se indica que la calidad tiene 8 diferentes dimensiones entre las cuales tenemos:

1. **Desempeño:** permite determinar si el producto sirve para el fin proyectado.
2. **Confiabilidad:** permite conocer la frecuencia de fallas del producto o servicio brindado.
3. **Durabilidad:** permite conocer la duración o tiempo de vida de un producto.
4. **Facilidad de servicio:** determinar la facilidad de reparación o mantenimiento del producto.
5. **Estética:** permite determinar el atractivo visual del producto (si luce bien).
6. **Características incluidas:** permite determinar la utilidad del producto y características adicionales que le permitan superar el desempeño de la competencia.
7. **Calidad percibida:** permite determinar cuál es la reputación de la compañía o del producto ofrecida por esta.
8. **Conformidad con los estándares:** permite determinar si el producto se produce de acuerdo con las especificaciones del diseñador.

Cabe indicar que hoy en día la calidad cumple el rol de ventaja competitiva, de acuerdo con investigaciones realizadas por la empresa PIMS Associates, quien maneja información sobre el desempeño corporativo de empresas manufactureras en el mundo (Collier 2009: 125). Según su análisis se encontró lo siguiente:

1. Las empresas que ofrecen productos o servicios de alta calidad pueden acceder a grandes mercados.
2. Si bien es cierto la calidad implica inversión, se encontró que las empresas que ofrecen productos o servicios de calidad pueden alcanzar el triple de ingresos sobre las ventas a comparación de sus similares que ofrecen un producto de baja calidad.
3. La calidad permite gozar de mayor participación en el mercado, esto se puede observar en el aumento de ingresos sobre las ventas por parte de la compañía.
4. Un productor de un bien de alta calidad tiene la capacidad de fijar un precio alto.

Costos de calidad: Los costos de calidad, según Montgomery, son aquellos vinculados con la producción, identificación, prevención o reparación de productos que no cumplen con las especificaciones que se requieren y su cuantificación buscará identificar posibilidades de mejora y con ello la reducción de los costos de calidad (2006: 27- 30). Dichos costos se clasifican en:

1. Costos de prevención: son aquellos costos que se incurren en el área de diseño y producción con la finalidad de prevenir posibles fallas del producto.
2. Costos de valuación: son aquellos costos que se incurren al realizar auditorías que permitan confirmar que un producto, componente o material se encuentra en las condiciones idóneas y de acuerdo con los estándares establecidos.
3. Costos de fallas internas: ocurre cuando el producto, componente o material no cumple las especificaciones de calidad establecidas y dichas fallas se identifican antes de entregar el producto al cliente.
4. Costos de fallas externas: se incurre cuando el producto no cumple con su fin establecido de una manera idónea luego de ser entregado al cliente.

En la figura 4, se muestra los costos de calidad y sus especificaciones de costo en cada caso:

<u>Costos de calidad</u>	
Costos de prevención	Costos de fallas internas
Planeación e ingeniería de calidad	Desechos
Revisión de nuevos productos	Reprocesamiento
Diseño de productos / proceso	Repetición de pruebas
Control de proceso	Análisis de fallas
Encendido	Tiempo ocioso
Capacitación	Pérdidas de rendimiento
Adquisición y análisis de datos sobre la calidad	Degradación (fuera de especificación)
Costo de valuación	Costos de fallas externas
Inspección y prueba del material de entrada	Ajustes de quejas
Inspección y prueba de producto	Producto / material devuelto
Material y servicios de consumidor	Cargo por garantía
Mantenimiento de la precisión del equipo de prueba	Costo de responsabilidad legal
	Costos indirectos

Figura 4. Costos de la Calidad Fuente: Montgomery (2006:27)

Seis Sigma: El concepto Seis Sigma fue introducido en la década de los años 80's por la empresa Motorola. Este concepto se basa en una metodología que fue impulsada por Bob Galvin, quien fuera presidente de la compañía en ese entonces, y que anunció en enero de 1987 el objetivo más famoso de los programas orientados en calidad de los Estados Unidos: "Lograr un nivel de calidad Seis Sigma en nuestros productos y servicios equivalente a 3.4 defectos por millón para el año 1992" (Barba, Boix y Cuatrecasas: 2000 pp 12). Gracias a esta filosofía, Motorola logró obtener resultados cercanos a un nivel sigma de 5,5 y obtuvo el Malcolm Baldrige National Quality Award en el año 1988.

Según el autor Escalante, Seis Sigma significa una métrica, una filosofía y una meta; el autor da a entender que Seis Sigma es una forma de medir el desempeño de los procesos, significa además mejoramiento continuo basado en herramientas estadísticas y que tiene como meta obtener un proceso de clase mundial al no producir artículos defectuosos (2003: 17).

La tabla 3 nos muestra que si se obtiene un nivel de Seis Sigma se obtienen 3.4 defectos por millón, y los costos relacionados a la calidad son menores al 10 % de las ventas.

Tabla 3. Niveles en Seis Sigma.

NIVEL EN SIGMA	DPMO	RENDIMIENTO
6	3.40	99.9997 %
5	233.00	99.98 %
4	6.210,00	99.3 %
3	66.807,00	93.3 %
2	308.537,00	69.15 %
1	690.000,00	30.85 %
0	933.200,00	6.68 %

Fuente: Escalante (2003:17)

Según la definición de Pyzdek, Seis Sigma es una implementación rigurosa, enfocada y muy eficaz de principios de calidad y técnicas demostradas (2003: 3 - 5). Es importante mencionar que la metodología Seis Sigma se basa en la satisfacción al cliente; se busca conocer la voz del cliente (VOC) para poder definir puntos críticos para su satisfacción (CTS). El cliente define la VOC, la cual se traduce en CCR (Requerimientos críticos para el cliente), CTQ (Críticos para la calidad), CTD (Críticos para entrega a tiempo) y CTC (Críticos para el costo).

Para poder lograr la satisfacción del cliente, se debe disminuir la variación en los procesos y la metodología Seis Sigma tiene como objetivo lograr disminuir la variación para de esta manera, aumentar el nivel sigma. El gráfico n°4 muestra que en el enfoque Seis Sigma, el ancho de las especificaciones debe contener el ancho del proceso. El ancho de las especificaciones representa la voz del cliente mientras que el ancho del proceso es la voz del proceso. Cabe mencionar que la metodología Seis Sigma se ha convertido en una herramienta muy poderosa debido a su enfoque proactivo que centra el control en las variables claves de entrada al proceso y no en las salidas de los procesos.

Seis Sigma se enfoca en controlar los procesos, en controlar las causas raíces (Xs) de las variables dependientes (Ys). $Y = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$. A continuación, se muestra en la figura 5, un comparativo entre el concepto de calidad tradicional versus Seis Sigma (Fraile, Villar y Monzón 2002: 48)

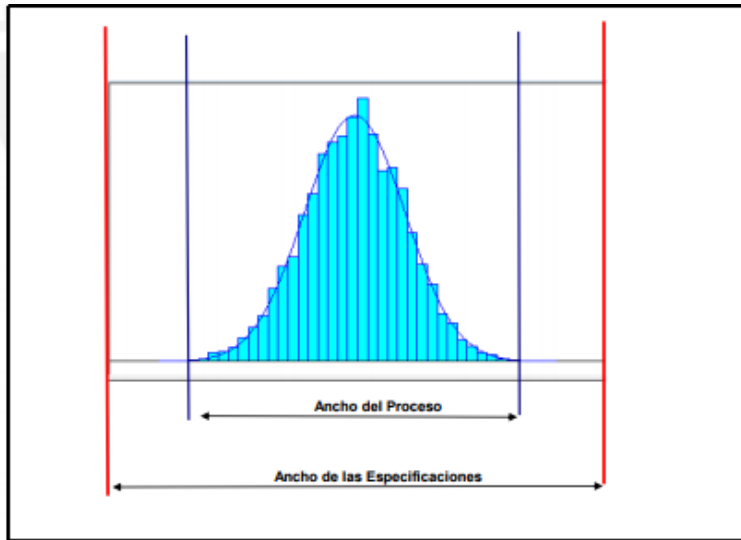


Figura 5. Ancho de Proceso. Fuente: Quara consulting & training (2015)

Metodología DMAIC y sus etapas: Un proyecto Seis Sigma sigue la metodología DMAIC. Esta metodología debe su nombre a las siglas en inglés para definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Pyzdek 2003: 238). En la figura 6 se observa la relación entre las etapas de la metodología. A continuación, se define cada etapa de la metodología:

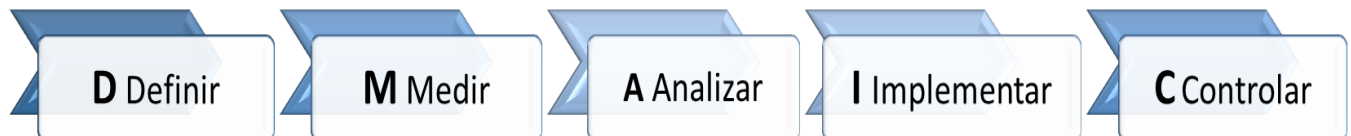


Figura 6. Etapas de la metodología Seis Sigma

Definir: En esta etapa del proyecto se debe definir los objetivos para la actividad a mejorar. Los objetivos más relevantes se obtienen por los requerimientos de los clientes (Pyzdek 2003: 238 pp). En esta etapa, se utilizan herramientas como:

1. Diagrama SIPOC: es un diagrama de alto nivel que sirve para identificar el área a mejorar.
2. Diagrama de Proceso: una vez identificada el área se procede a elaborar un diagrama de proceso donde se detallan aquellos factores críticos de los procesos.
3. Voz del cliente (VOC): un proyecto Seis Sigma debe tener como prioridad la satisfacción del cliente; es por esto, que se debe identificar las especificaciones del cliente. Según

Breyfogle, los pasos para definir la VOC son: o Definir a tu cliente u Obtener las necesidades del cliente o asegurar que el objetivo del proyecto es atender los requerimientos del cliente.

4. Critical Quality Tree (CQT): Al finalizar la etapa, se debe haber definido los objetivos del proyecto de mejora, los entregables y los plazos para la ejecución del proyecto. 1.5.2. Medir Según Yang, la medición es un paso muy importante, ya que involucra la recolección de datos para evaluar el nivel actual del desempeño del proceso y provee la información necesaria para las etapas de análisis y mejora (2003: 44 pp). En esta etapa se deben usar métricas que ayuden a monitorear el progreso con respecto a los objetivos definidos en el paso anterior. Se utilizan herramientas como:
5. Índice de Capacidad del Proceso: se utiliza para medir el desempeño actual del proceso y verificar si se está cumpliendo con las especificaciones del cliente.
6. Estudio Gage R&R: se utiliza para validar el sistema de medición.

Medir: Es la segunda fase de la metodología DMAIC, donde se cuantifica en una forma detallada la magnitud del problema. Para ello se analiza el sistema de medición y capacidad inicial del proceso (Gutiérrez, Vara 2009, p, 428).

Analizar: En esta etapa se hace un análisis de la situación actual del sistema y se identifican las maneras para disminuir la brecha para alcanzar el objetivo deseado (Pyzdek 2003 pp 238). En esta etapa se utilizan herramientas como:

1. Diagrama de Pareto: existe la ley de Pareto aplicable a los negocios que ofrecen servicios y esta nos indica que en una población total de clientes siempre existe la tendencia del 80/20. Es decir que el 20% de los clientes generan el 80% de las utilidades y viceversa. Esta notoriedad estadística resulta más interesante aun cuando se desarrollan alrededor de planes de calidad de servicio que garanticen la satisfacción al cliente (Jareno, S.F.).
2. Análisis Modal Efecto Falla: los AMEF son utilizados para definir características especiales que afectan el desempeño. Estas características son transformadas a dimensiones o variables y enviados a la actividad para planes de mitigación o a prueba de error a fin de reducir el riesgo de pobre desempeño (Quality-One International, 2011).

3. Diagrama Ishikawa: Técnica grafica para compendiar los resultados de una sesión de tormenta de ideas, identificando las causas de determinado efecto no deseado. También se denomina “Diagrama de Espina de Pescado” o “Diagrama de Ishikawa” (por su creador, el profesor Kaoru Ishikawa de la Universidad de Tokio).
 4. Lluvia de ideas: los resultados del análisis pueden proveer las causas de un mal desempeño del proceso, así como las fuentes de variabilidad (Breyfogle 2003: 383 pp).
- 1.5.4.

Mejorar: Se deben encontrar nuevas maneras de hacer las cosas de la mejor manera, más barato o más rápido. Se deben usar métodos estadísticos para poder validar las mejoras (Pyzdek 2003: 238 pp). Algunas herramientas que se utilizan en esta fase son:

1. Diseño de Experimentos
2. Estandarización de Proceso
3. Poka Yoke
4. 5 S`

Controlar: Se debe controlar el nuevo sistema. Para esto, se debe institucionalizar la mejora a través de programas de incentivo, políticas, procedimientos y sistemas de gestión (Pyzdek 2003: 238 pp). En esta etapa se puede optar por buscar la estandarización de procesos como la norma ISO 9001. Además, se usarán herramientas estadísticas para medir la estabilidad del nuevo sistema. En esta etapa se utilizan herramientas como:

1. Gráficos de Control
2. Hojas de verificación (Check List)
3. Procedimientos

2.1.3 ANÁLISIS INTERNO

Después de analizar el nivel macro y micro entorno en la implementación de la metodología Seis Sigma en diferentes organizaciones reconocidas a nivel mundial, se detalla un análisis

interno del estatus actual de la organización en lo que se refiere a estrategias de calidad implementadas.

La planta de Corte cuenta con un sistema de gestión de la calidad corporativo de Hanes Brands Inc. El sistema de gestión de la calidad tiene diferentes pilares, los mismos se detallan a continuación:

1. Inspección de materia prima: Auditoría de materia prima en bodega de telas, inspección de resultados del 100% de los lotes de producción en laboratorio de calidad, revisión de códigos de tela nuevos por defectos obvios, resultados de laboratorio y color. Seguimiento a códigos de tela críticos.
2. Inspección en proceso: Auditoría de tendidos en proceso, partes cortadas durante el proceso de corte, verificación de apego a métodos y procedimientos de calidad.
3. Auto-inspección en proceso (Primera, En medio y Ultima): Revisión de partes cortadas por medidas, defectos obvios y seteo de máquina.
4. Inspección final: Verificación de loteo de partes cortadas, cantidades, estilo, color y material correcto. Revisión de medidas y defectos obvios.
5. Introducción de estilos nuevos: Revisión de materiales nuevos, verificación de diseño de marcadores contra patrón, auditoría de tendido y revisión de desempeño de medidas en partes cortadas durante y después del proceso de corte.
6. Inspección de estilos críticos: seguimiento especial a estilos críticos en el defecto específico en el proceso que corresponda con un equipo multidisciplinario para verificar el método y variables externas que pueden afectar.



Figura 7. Pilares del sistema de gestión de la calidad.

El proceso en el que se ha detectado la oportunidad de mejora es el proceso de Corte, en este proceso es donde se genera el defecto Mal Corte. En la figura 8, Diagrama de proceso podemos observar el proceso de la planta de Corte.

Proveedor	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Area de Tendido	Tendido	Corte Gerber Recibo de tendido de Stacktable	Tendido Recibido en Gerber	Operador de Gerber
Marker Making	Marker Spread Order	Verificacion de Marker contra Spread	Marker Verificado	
Stacktable	Tendido Marker Nylon	Alineacion de tendido en Gerber	Tendido Alineado Correctamente	
Mantenimiento Calidad	Sistema de Gerber Computadora de Gerber Spread Especificacion	Ingreso de parametros a la maquina	Maquina Seteada para Cortar	Asistente de Gerber Operador de Loteo Plantas de Costura
Area de Tendido Marker Making	Maquina seteada con parametros Patrones Especificacion	Proceso de Corte	Partes Cortadas	
Calidad	Patrones Especificacion Formato del PEU Calibrador	Ejecucion del PEU	Partes Cortadas Revisadas Registro del PEU lleno	Planta de Costura AQL Interno AQL Regional
Planeacion	Impresora Zebra Sistema SLICS	Proceso de transacciones en sistema	Viñetas Impresas Sistema Actualizado	Operador de LOTEO
Planeacion Proceso de Corte	Partes Cortadas Cajas Bolsas Hules Viñetas	Proceso de preloteo	Partes Cortadas Preloteadas por talla Cajas Identificadas	Operador de LOTEO AQL
Proceso de Corte Gerber	Cajas Identificadas con partes cortadas	Envio de cajas a LTNG TRN	Cajas Alocadas en area de LTNG TN	Asistente de Gerber
		FIN		

Figura 8. Diagrama de proceso planta de Corte.

El defecto Mal Corte tiene como significado: parte no coincide contra patrón. El defecto tiene tolerancias según el estilo y tipo de parte. Algunas de las tolerancias se muestran a continuación:

- Piezas con corte o dobléz: cuando sobrepase el margen de costura.
- Piezas sin corte o dobléz: mayor a 1/32.

En la figura 9. Pueden observar un ejemplo del defecto Mal Corte.



En la figura 9. Defecto Mal Corte.

2.2 TEORÍAS

Para entender la metodología Seis Sigma, es necesario conocer sus raíces, el porqué de su existencia y de que teorías, herramientas y metodologías se basó para ser actualmente lo que es. Una metodología de mejora que ha respondido satisfactoriamente en las organizaciones (García, Márquez, Nicet, 2005). A continuación, se definen estas teorías de sustento.

2.2.1 TEORÍA DE SUSTENTO

Seis Sigma es una evolución de las teorías sobre calidad de más éxito que puede considerarse precursoras directas de las siguientes teorías.

2.2.1.1 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Esta noción se desarrolla en 1931 en los laboratorios de la compañía Bell Telephone, compuestos por Harold Dodge, Harry Romming y W.A. Shewart cuya misión era desarrollar nuevas teorías y métodos de inspección para mantener y mejorar la calidad. Con base en esto, el grupo inicio la era del Control Estadístico de Procesos que se refiere a la aplicación de métodos estadísticos para controlar la calidad. SPC va más allá de la etapa de inspección, pues se enfoca a la identificación y eliminación de los problemas que causan los defectos. En adición, el ingeniero Shewart desarrolló en gran medida el SPC y el concepto de la prevención para el “control económico de la calidad de productos manufacturados” (CANTU, 2001).

En cuanto a su herramienta, el doctor Cantú (2001) comenta que Shewart elaboró tres postulados que expresan:

- Las causas que condicionan el funcionamiento de un sistema son variables.
- Los sistemas constantes existen únicamente en la naturaleza, no así en el ámbito de la producción industrial.
- Las causas de variación pueden ser detectadas y eliminadas.

Postulados que actualmente son aceptados y tomados en cuenta en el desarrollo estadístico y para el análisis de cualquier proceso al que se le desee realizar un análisis estadístico.

2.2.1.2 LA FILOSOFÍA DE DEMING

En el cambio cultural que Deming propone para las organizaciones, está expresado claramente en los famosos 14 puntos, cuya validez fue demostrada en la práctica.

Deming (1989) enuncia sus 14 puntos de la siguiente manera:

1. Constancia en el propósito de mejorar productos y servicios: Hacer constante el propósito de mejorar la calidad.
2. Adoptar la nueva filosofía.
3. Terminar con la dependencia de la inspección masiva.
4. Terminar con la práctica de decidir negocios en base al precio y no en base a la calidad.

5. Encontrar y resolver problemas para mejorar el sistema de producción y servicios, de manera constante y permanente.
6. Instituir métodos modernos de entrenamiento en el trabajo.
7. Instituir supervisión con modernos métodos estadísticos.
8. Expulsar de la organización el miedo.
9. Romper las barreras entre departamentos de apoyo y de línea.
10. Eliminar metas numéricas, carteles y frases publicitarias que piden aumentar la productividad sin proporcionar métodos.
11. Eliminar estándares de trabajo que estipulen cantidad y no calidad.
12. Eliminar barreras que impiden al trabajador hacer un buen trabajo.
13. Instituir un vigoroso programa de educación y entrenamiento.
14. Crear una estructura en la alta administración que impulse día a día los trece puntos anteriores.

Además de estos 14 puntos, Deming establece que para mejorar la calidad, aplicando los pasos anteriores, se tiene que utilizar el conocido ciclo PHVA o ciclo de Deming.

Miranda, Chamorro & Rubio (2007) enuncia las fases a seguir para la solución de un problema:

1. Planear: significa definir el problema, recopilar datos, estudiar las relaciones causa-efecto y ver la hipótesis de solución.
2. Hacer: consiste en desarrollar el plan establecido en la primera fase.
3. Verificar: compara el plan inicial con los resultados obtenidos.
4. Actuar: actuar para corregir los problemas encontrados, prever posibles problemas futuros y establecer las condiciones que permitan mantener el proceso de forma estable e iniciar un nuevo proceso de mejora.

Según Deming, para aplicar este estilo de gestión hay que luchar contra una serie de “enfermedades mortales” y “obstáculos” en la forma de gestión de las empresas de occidente. Entre las enfermedades mortales, incluye la falta de constancia en el objetivo de mejora de la calidad, énfasis de muchas empresas en los beneficios a corto plazo, la evaluación de rendimientos actual, la elevada movilidad de directivos entre empresas, los costos médicos (bajas por enfermedad, accidentes laborales, etc.) excesivos, derivados de la falta de motivación de los

trabajadores, costos de garantía muy elevados y la gestión basada exclusivamente en cifras visibles (Miranda...et al. 2007, p.35).

2.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN

En esta sección se definen cada una de las variables del estudio.

1. Mano de Obra: Esfuerzo físico o mental que se aplica durante el proceso de elaboración de un bien.
2. Maquinaria: Conjunto de máquinas que se aplican para un mismo fin al mecanismo que da movimiento a un dispositivo.
3. Método: Es el camino trazado por medio de reglas y procedimientos que conduce a un fin. Supone un orden lógico de pasos para llegar correctamente a la meta.
4. Materiales: Conjunto de elementos que son necesarios para actividades o tareas específicas.
5. Medio Ambiente: Medio, lugar o espacio en el cual se llevan a cabo diferentes procesos relacionados con la vida.
6. Mediciones: Medición referente a la acción y resultado de medir.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

La metodología establece la relación entre la selección de los métodos y los resultados esperados

(Gómez, 2009), es por esto que explicaremos cada una de las fases del proceso metodológico desde la planeación de la investigación, ejecución del trabajo de campo hasta la comunicación de los resultados obtenidos (Yuni, 2010).

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

Esta sección presenta la relación entre partes del planteamiento del problema y la metodología a usar. Definiéndose esta relación en la siguiente matriz metodológica.

3.1.1 LA MATRIZ METODOLÓGICA

La matriz metodológica mostrada en la tabla 4, define el marco general de la investigación.

Tabla 4. Matriz Metodológica de la Investigación

Título	Problema	Pregunta de investigación	Objetivo		Variables	
			General	Específico	Independiente	Dependiente
Estudio de mejora de proceso para la reducción del costo de sobre consumo por el defecto Mal Corte en la empresa Hanes Brands Inc	¿Cómo a través de la implementación de la metodología Seis Sigma enfocada en la cadena de suministros Corte (defecto 1) se logra reducir en un 40% los DPM's del defecto Mal Corte y las variables que lo causan?	1. ¿Cuáles son las variables que causan el defecto de Mal Corte por medio del diagrama causa y efecto 6 M's?	Implementar proyectos de mejora basados en la metodología Seis Sigma para reducir el costo de sobre consumo por partes cortadas defectuosas	Establecer variables de proceso de mayor relación con el costo de sobre consumo por partes cortadas defectuosas	Mano de Obra Maquina Materiales Método Medición Medio Ambiente	Defectos por Millón (DPM's) Costo de sobre consumo
		2. ¿Cómo reducir la variación del proceso de Corte para impactar el costo de sobre consumo por Mal Corte?		Identificar las principales fallas que causan la variación del proceso de Corte para obtener el nivel de desempeño esperado		
		3. ¿Qué plan de control deberá ser implementado para sostener las mejoras logradas a través del tiempo en el proceso de Corte?		Definir un plan de control a implementar para mantener las mejoras logradas en la calidad del producto en el proceso de Corte		

3.1.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

Las variables independientes se denominan como todo aquel aspecto, hecho, situación, rasgo, etc., que se considera como la “causa” en una relación entre variables. Las variables dependientes se conocen como el “resultado” o “efecto” producido por la acción de la variable independiente (Bernal, 2006, p.140). En la figura 8, se detallan las variables que se relacionan directamente con la investigación:

1. Variable dependiente:
 - A. Defectos por millón
 - B. Costo de sobre consumo
2. Variables independientes:
 - A. Mano de obra
 - B. Maquinaria
 - C. Método
 - D. Medio ambiente
 - E. Medición
 - F. Materiales

La operacionalización de las variables se detalla a continuación en la tabla 5.

Tabla 5. Operacionalización de la variables

Variable Independiente	Definición		Dimensiones	Indicador	Items	Unidades	Escala
	Conceptual	Operacional					
Mano de Obra	Esfuerzo físico o mental que se aplica durante el proceso de elaboración de un bien	Recurso humano destinado para el proceso operativo de Corte	Operadores de Maquinas de Corte Gerber	Producto defectuoso por operador	0 - 1	Porcentaje	De Intervalo
Maquinaria	Conjunto de maquinas que se aplican para un mismo fin al mecanismo que da movimiento a un dispositivo	Capacidad de las maquinas de Corte Gerber, herramientas, ajustes y mantenimientos preventivos adecuados	Maquinas Gerber	Fallas en las maquinas	0 - 2.5	Porcentaje	De Intervalo
Método	Es el camino trazado por medio de reglas y procedimientos que conduce a un fin. Supone un orden lógico de pasos para llegar correctamente a la meta	Son procedimientos e instructivos de trabajo que definen las operaciones en el proceso de Corte	Procedimientos e instructivos de trabajo	Cumplimiento de método	95 - 100	Porcentaje	De Intervalo
Materiales	Conjunto de elementos que son necesarios para actividades o tareas específicas	Influencia de los diferentes tipos de materiales provistos en el proceso de Corte	Tendido de Tela	Arrugas en el tendido	0 - 5	Porcentaje	Intervalo
Medio Ambiente	Medio, lugar o el espacio en el cual se llevan a cabo diferentes procesos relacionados con la vida	Patrones o ciclos en el proceso que dependen de condiciones ambientales	Temperatura ambiente	Grado de afectación de la temperatura ambiente	0	Porcentaje	Intervalo
Mediciones	Medición refiere a la acción y resultado de medir	Disponibilidad de las mediciones requeridas en el proceso, definición de las características que deben ser medidas	Disponibilidad de mediciones de productos defectuosos	Cantidad de mediciones de productos defectuosos	1	Diario	Nominal

3.1.3 HIPÓTESIS

La hipótesis es el enunciado que formula una relación potencial entre dos variables, relación que el investigador desea verificar. Una hipótesis proviene ya sea de los resultados de las investigaciones anteriores o ya sea de la intuición del investigador (Gómez, 2009).

Las hipótesis formuladas para esta investigación son:

Hi: Implementando proyectos de mejora basados en la metodología Seis Sigma se podrá obtener una reducción en los DPM's por el defecto mal corte de un 40%.

Ho: Implementando proyectos de mejora basados en la metodología Seis Sigma no se podrá obtener una reducción en los DPM's por el defecto mal corte de un 40%.

3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

La figura 10. Muestra el diseño de la metodología de investigación a seguir.

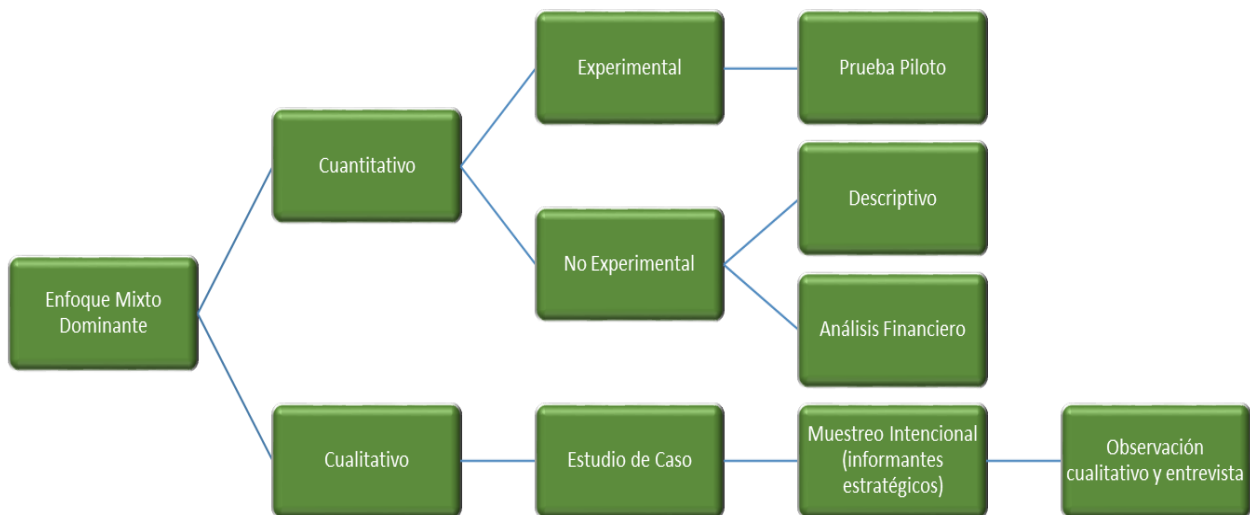


Figura 10. Diseño de la metodología de investigación a seguir.

El enfoque que predomina en este estudio de investigación es el cuantitativo. Se determinó una clasificación de investigación experimental y no experimental.

En el enfoque experimental, se diseñan diferentes experimentos que midan las variables que contribuyen a la reducción de defectos en el proceso de corte gerber según análisis estadístico de los datos numéricos obtenidos a través de la recopilación de datos en las máquinas.

Los experimentos son situaciones de control en la cual se manipulan de manera intencional, una o más variables independientes para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (Hernández et al., 2006).

Por medio de una prueba piloto, se pueden manipular las variables en una muestra inicial para probar su efecto. En el enfoque cuantitativo en la parte no experimental se utiliza un diseño descriptivo, utilizando diagramas de flujos del proceso de impresión donde se indagan la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población, estudios puramente descriptivos (op, cit.).

Los diagramas de flujo de proceso presentan gráficamente un sistema utilizando cuadros y líneas interconectadas. Son sencillos pero excelentes cuando se busca explicar un proceso o se pretende que tenga sentido (Heizer & Render, 2009).

El segundo enfoque utilizado en la investigación es el cualitativo, ya que en esta prueba o exploración también se utiliza una recolección de datos usando entrevistas directas y grupos de discusión y lluvia de ideas con integrantes multidisciplinarios.

Los estudios de caso en grupo son donde se efectúa una sesión: un facilitador o moderador dirigirá la conversación para que los participantes expresen sus actitudes, valores, medios, expectativas y motivaciones hacia las características de determinado producto o servicio. Estos grupos se les denominan grupos de enfoque (op, cit).

En ciertos estudios se necesitaría la opinión de individuos expertos en un tema. Estas muestras son frecuentes en estudios cualitativos y exploratorios para generar hipótesis más precisas. El muestreo intencional busca seleccionar el grupo de personas, eventos y sucesos que tienen participación directa en el proceso y para obtener los datos cualitativos de la investigación (op, cit).

La entrevista se define como una reunión para intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otras (entrevistados). A través de preguntas y respuestas se logra una comunicación y la construcción conjunta de significados respecto a un tema (op, cit).

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de este tema, señalamos que el diseño es un conjunto de estrategias procedimentales y metodológicas definidas y elaboradas previamente para desarrollar el proceso de investigación. El diseño de investigación señala la forma de conceptualizar un problema de investigación y la manera de colocarlo dentro de una estructura que sea guía para la experimentación (en el caso de los diseños experimentales) y de recopilación y análisis de datos. Esta sección incluye a la población objeto del estudio, el tamaño de la muestra, la unidad de análisis y la unidad de respuesta.

3.3.1 POBLACIÓN

La población objeto es el conjunto de todos los individuos que poseen en común una o varias características y hacen parte de un estudio o de una experiencia (Gómez, 2009). En base a esta definición, la población objetivo de esta tesis son todas las partes cortadas que pasan por el proceso de Corte.

3.3.2 MUESTRA

La muestra debe ser un grupo representativo de elementos de una población más amplia (Gómez, 2009). Habiendo definido a la población objetivo se calcula el tamaño de la muestra dando como resultado a 12 meses de información de partes cortadas defectuosas.

3.3.3 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis de esta investigación son las partes cortadas en la planta de Corte en Hanes Brands Inc.

3.3.4 UNIDAD DE RESPUESTA

La unidad de respuesta son los defectos por millón del proceso de Corte, los datos recolectados, la manipulación de las variables y la comunicación de los resultados deben estar basados en estas unidades.

3.3 TÉCNICA E INSTRUMENTOS APLICADOS

En la actualidad, en investigación científica hay una gran variedad de técnicas o instrumentos para la recolección de información en el trabajo de campo de una determinada investigación. De acuerdo con el método y el tipo de investigación a realizar, se utilizan unas u otras técnicas (Bernal, 2010, p. 175).

La metodología Seis Sigma tiene cinco diferentes etapas a desarrollar durante el proceso de investigación de un problema, estas mismas se conocen como; DMAIC, es una técnica que está diseñada para definir, medir, analizar, mejorar y controlar los procesos. La metodología en sus diferentes etapas utiliza métodos estadísticos para datos tanto cuantitativos como cualitativos. Para realizar los diferentes análisis estadísticos se utiliza el software de estadística Sigma Excel. Con esta herramienta es posible realizar pruebas de normalidad, pruebas de hipótesis, intervalos de confianza y gráficos de control.

3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

Uno de los pasos más importantes en el proceso de investigación es la recolección de datos, por tanto, se debe recurrir a fuentes de información confiables que permitan detectar, consultar y obtener la bibliografía y otros materiales que sean de utilidad para los propósitos de la investigación (Hernández et al., 2006).

3.5.1 FUENTES PRIMARIAS

Las fuentes primarias proporcionan datos de primera mano, estas proporcionan información de los estudios correspondientes a la investigación (Hernández et al., 2006).

Las fuentes primarias de esta investigación son:

1. Documentos de producción
2. Registros de auditoría de calidad
3. Registros de recortes

3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS

Las fuentes secundarias son listas, compilaciones y resúmenes de referencias o fuentes primarias publicadas en un área de conocimiento en particular (Hernández et al., 2006).

Como fuentes secundarias para este estudio:

1. Libros de texto relacionados a la metodología Seis Sigma
2. Manual de entrenamiento Seis Sigma
3. Libros relacionados a metodología de la investigación.
4. Libros relacionados al proceso productivo en estudio.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En los capítulos anteriores, se desarrolló el planteamiento del problema, definiendo las preguntas de investigación y objetivos de la investigación, seguidamente en el capítulo II se describió el marco teórico con la situación actual de la compañía y teorías de sustento. En el capítulo III se definió la metodología, planteándose la hipótesis y definiéndose las variables de investigación y el diseño de investigación aplicado, que sirven de guía para el desarrollo del presente capítulo. Una vez identificado el proyecto de mejora se inicia la metodología DMAIC explicada en el Capítulo II.

4.1 DEFINIR

En esta etapa se define el problema en el que se trabajará, los clientes y sus requerimientos, los objetivos de mejora, la formación del equipo del proyecto, y mapa de proceso de alto nivel (SIPOC).

4.1.1 DEFINIR A LOS CLIENTES Y LOS REQUERIMIENTOS

Los clientes externos son las plantas de costura que reciben las partes cortadas de la planta de Corte. El cliente interno es el proceso de producción.

La característica crítica para la calidad del cliente externo es:

Cero recortes (métrica $Y = \text{Costo de sobre consumo por el defecto C16}$)

La característica crítica para la calidad del cliente interno es:

Reducir los defectos por millón (métrica $Y = \text{DPM (defectos por millón) de rechazos por C16}$)

En la figura 11 podemos ver el detalle de las características críticas para la calidad del cliente.

Voz del Cliente	Parámetro crítico	Métrico (Y)	Requerimiento
Reducir los recortes por C16	Consumo en \$ por recortes de C16	Consumo en \$ de recortes	Reducir en un 40% el defecto de C16
Reducir los DPM's por C16	DPM's de Recortes por C16	DPM's por C16	

Figura 11. Características críticas para la calidad del cliente.

4.1.2 CARTA DEL PROYECTO

En la tabla 6 se detalla la carta del proyecto, esta resume de qué trata el proyecto, objetivos, alcance, beneficios esperados, integrantes del equipo, etc.

Tabla 6. Carta del proyecto.

SIX SIGMA - CARTA DEL PROYECTO			
TITULO DEL PROYECTO	Reducir los DPM's en recortes del defecto Mal Corte (C16) en la planta de Corte		
NEGOCIO / UNIDAD	Intimates		
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	En el año 2016-2017 el costo de recortes hasta Junio por el defecto Mal corte (C16) es de \$78,277.43. El costo total de recortes hasta Junio (12 meses) es de \$782,774.28 contra \$558,260 presupuestado financieramente, la diferencia es de \$224,514 y representa un 29% fuera de meta.		
OBJETIVO	Implementar la metodología Seis Sigma enfocada en la cadena de suministros Corte (defecto 1) para reducir en un 40% los DPM's del defecto C16 y el costo de sobre consumo y las variables que causan el Mal Corte		
MEDIDOR PRIMARIO	Recut DPM's por C16		
MEDIDORES SECUNDARIOS	Costo de sobre consumo por C16		
MIEMBROS DEL EQUIPO	BLACK BELT Christian Ramirez - Gerente de Calidad	SPONSOR Jorge Alvarado - Gerente de Planta	
	EQUIPO Jorge Interiano - Gerente de Produccion Ibsen Castro - Gerente de Ingenieria Carlos Damas - Gerente de Mantenimiento Elder Villafranco - Coordinador de Marker Making	ANALISTA FINANCIERO Hermes Turcios	
		MBB	
		COLABORADORES ESPECIALES Auditor de Calidad Asociados Lean Champion	
BENEFICIOS ESPERADOS		PLANEADOS	REALES
TANGIBLES (HARD)		\$ 18, 712 a 12 meses	
INTANGIBLES O POTENCIALES (SOFT)			
TOTALES		\$ 18, 712 a 12 meses	
PLAN DE ACTIVIDADES		Planeado	Real
D - Definición	Julio 2017	Julio 2017	Observaciones
M - Medición	Agosto 2017	Agosto 2017	
A - Análisis	Agosto 2017	Agosto 2017	
M - Mejora	Sep. 2017	Sep. 2017	
C - Control	Nov. 2017		
AUTORIZACIONES	LIDER DEL NEGOCIO	Jorge Alvarado	DUÑO DE PROCESO Christian Ramirez

4.1.3 MAPA DE PROCESO DE ALTO NIVEL (SIPOC)

SIPOC es un mapa del proceso de alto nivel, sobre el que va a desarrollarse el proyecto Seis Sigma, a un nivel donde no se detalla dicho proceso, sino que solo se visualiza dentro del negocio completo. Ayuda a fijar los límites del proceso (alcance) dentro del cual se desarrollará el proyecto Seis Sigma. Este mismo se construye con la participación y aportes del equipo de proyecto (Manual de Entrenamiento, quara consulting & training).

SIPOC es un diagrama cuyo nombre proviene de sus siglas en ingles que en español se traducen como: proveedores para el proceso, entradas al proceso, procesos que se requiere mejorar, salidas del proceso y clientes que reciben el producto o servicio terminado (Wetzel, Troncoso, Carrasco, & Santibañez, 2008).

En la tabla 7 se muestra el diagrama SIPOC del proceso de impresión en estudio.

Tabla 7. Diagrama SIPOC

Proveedor	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Área de Tendido	Tendido	Tendido Recibo de material de tendido/marker/spread	Tendido Recibido en Gerber	Operador de Gerber
Marker Making	Marker Spread Order	Verificación de Marker contra Spread	Marker Verificado	
Stacktable	Tendido Marker Nylon	Alineación de tendido en Gerber	Tendido Alineado Correctamente	
Mantenimiento Calidad	Sistema de Gerber Computadora de Gerber Spread Especificación	Ingreso de parámetros a la maquina	Maquina Seteada para Cortar	Asistente de Gerber Operador de Loteo Plantas de Costura
Area de Tendido Marker Making	Maquina seteada con parámetros Patrones Especificación	Proceso de Corte	Partes Cortadas	
Calidad	Patrones Especificación Formato del PEU Calibrador	Ejecución del PEU	Partes Cortadas Revisadas Registro del PEU lleno	Planta de Costura AQL Interno AQL Regional
Planeación	Impresora Zebra Sistema SLICS	Proceso de transacciones en sistema	Viñetas Impresas Sistema Actualizado	Operador de LOTEQ
Planeación Proceso de Corte	Partes Cortadas Cajas Bolsas Hules Viñetas	Proceso de preloteo	Partes Cortadas Preloteadas por talla Cajas Identificadas	Operador de LOTEQ AQL
Proceso de Corte Gerber	Cajas Identificadas con partes cortadas	Envío de cajas a LTNG TRN	Cajas Alocadas en área de LTNG TN	Asistente de Gerber
		FIN		

4.1.4 MAPA DETALLADO DEL PROCESO

El mapa del proceso busca oportunidades para (Escuela internacional de Negocios, 2014):

1. Eliminar pasos
2. Hacer pasos más rápidos
3. Hacer pasos en paralelo
4. Reacomodar pasos
5. Simplificar pasos

En la figura 12 y 13, se muestra el mapa de proceso del área de tendido y corte.

Los pasos marcados en rojo son los que el equipo identificó como las causas potenciales del mal corte. Las posibles causas del mal corte se definieron durante el recorrido por el proceso de corte con el equipo multidisciplinario. El recorrido se hizo durante el proceso de corte de partes cortadas y en conjunto con el operador de la máquina, se hizo una lluvia de ideas con las causas que generan el mal corte.

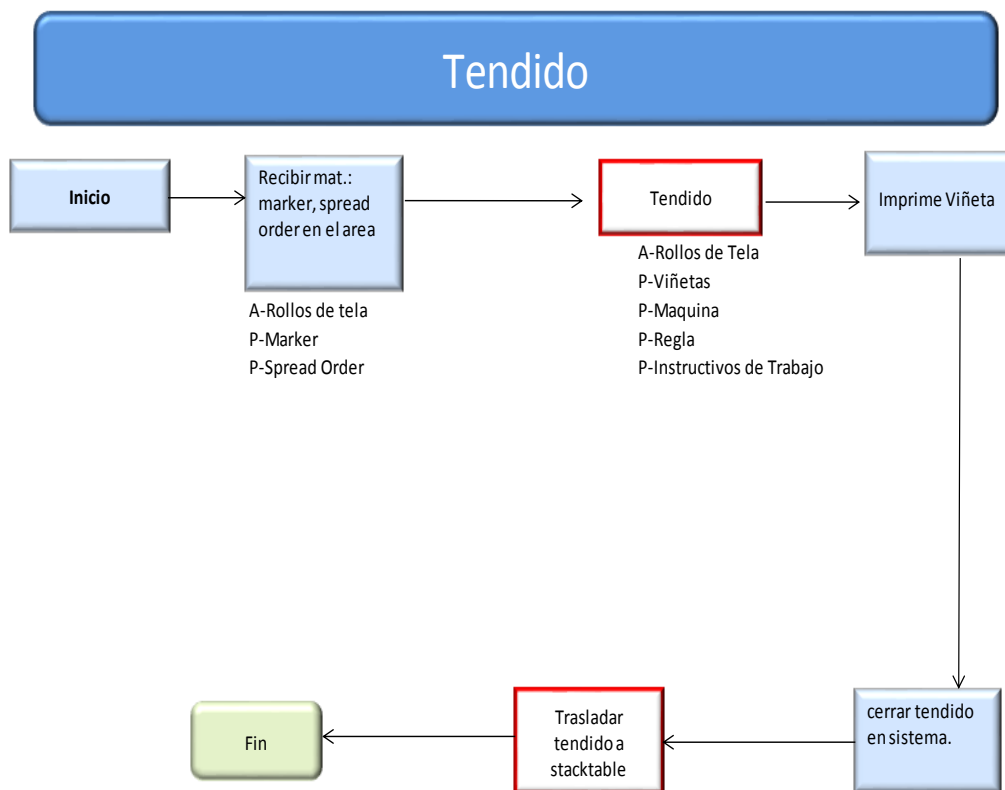


Figura 12. Mapa de proceso de Tendido.

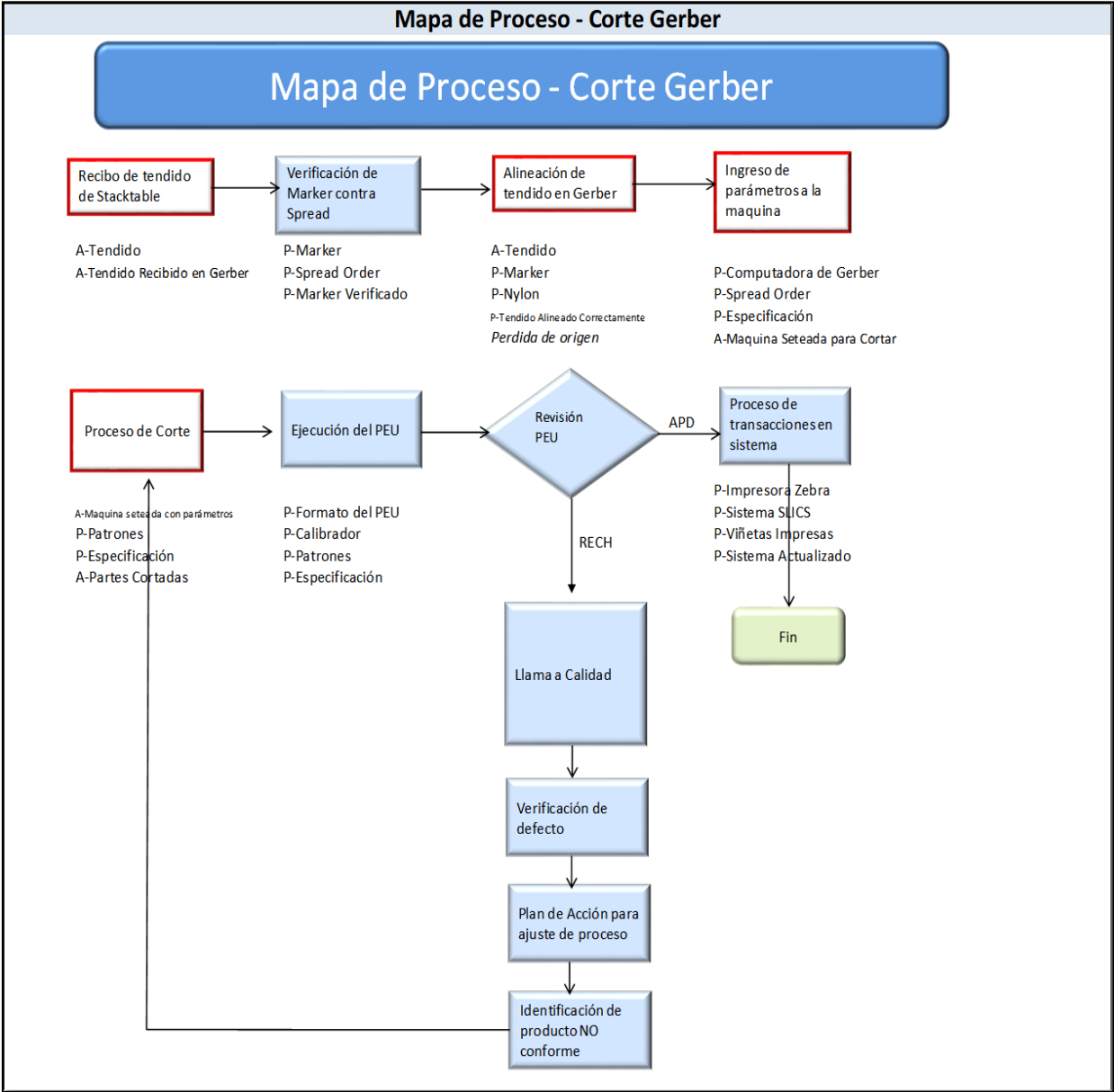


Figura 13. Mapa de proceso de corte.

4.2 MEDIR

Es la segunda fase de la metodología DMAIC, es donde se cuantifica de una forma más detallada la magnitud del problema, para ello se analiza el sistema de medición y capacidad inicial del proceso (Gutiérrez, Vara 2009, p. 428).

4.2.1 ANÁLISIS DE CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO

Para poder hacer el análisis de capacidad actual del proceso se tomaron los datos de la cantidad de partes cortadas en recortes por el defecto C16. Los datos corresponden a un periodo de 12 meses.

En la figura 14, se puede observar que el comportamiento del proceso de Corte con respecto al mal corte tiene una variabilidad amplia de 414 a 2649 DPM's.

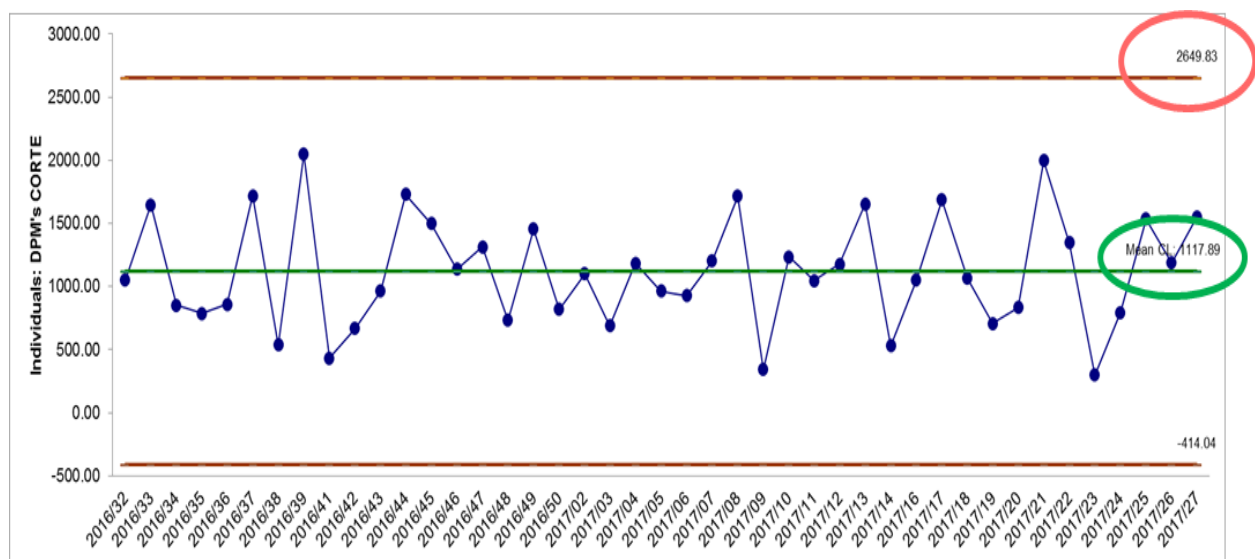


Figura 14. Gráfico de Control

En la Figura 15 se puede observar cual es la capacidad del proceso. CPK (estima la capacidad incluyendo el análisis del centrado del proceso con respecto a los límites de especificación) y CP (estima la capacidad sin especificar si el proceso está centrado o no con respecto a la especificación) menor a 1. El test nos indica que el proceso no es capaz. Se utilizó como USL el 40% menos del USL de los datos actuales, 40% es la mejora potencial del Proyecto (Manual de Entrenamiento, quara consulting & training).

Sigma XL			Process Capability Indices - Continuous Data (Assumes that data are normally distributed)	
Sample Data (user inputs):				
Mean	x-bar		1117.9	
Standard Deviation	s		439.56	
Upper specification limit	USL		1589.92	
Lower specification limit	LSL		0	
Results:				
	Cp, Pp		0.60	
	Cpu, Ppu		0.36	
	Cpl, Ppl		0.85	
	Cpk, Ppk		0.36	

Figura 15. Capacidad de Proceso

En la figura 16, se puede observar el Gráfico de Pareto donde muestran los estilos con mayor cantidad de piezas defectuosas por el defecto de mal corte.

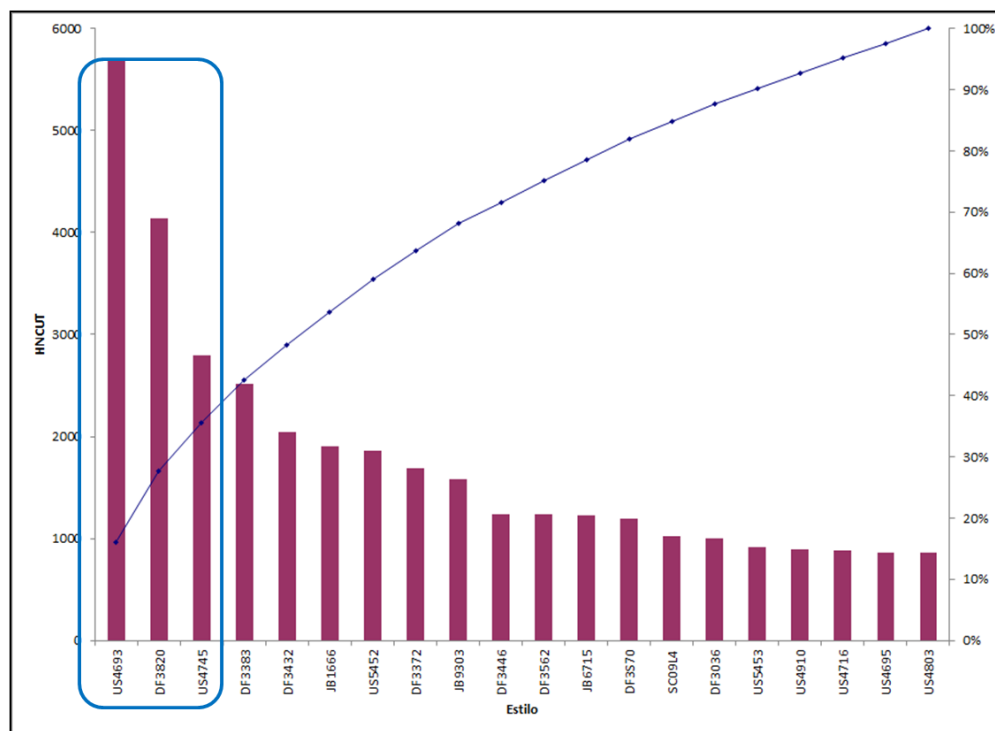


Figura 16. Gráfico de Pareto

4.3 ANALIZAR

El análisis del sistema de medición tiene como objetivo entender cómo se verifica la validez de los datos de Y en función de su naturaleza y aplicar las técnicas de análisis del sistema de medición que corresponden para cada proyecto (Manual de Entrenamiento, quara consulting & training).

4.3.1 DEFECTO POR TURNOS Y MÁQUINAS

El análisis Box Plot nos indica que en todos los turnos y máquinas se genera el Mal Corte (C16). No hay un turno y/o maquina en específico que genere el mal corte. En la figura 17 se ilustra el grafico Box Plot por turno y máquina.

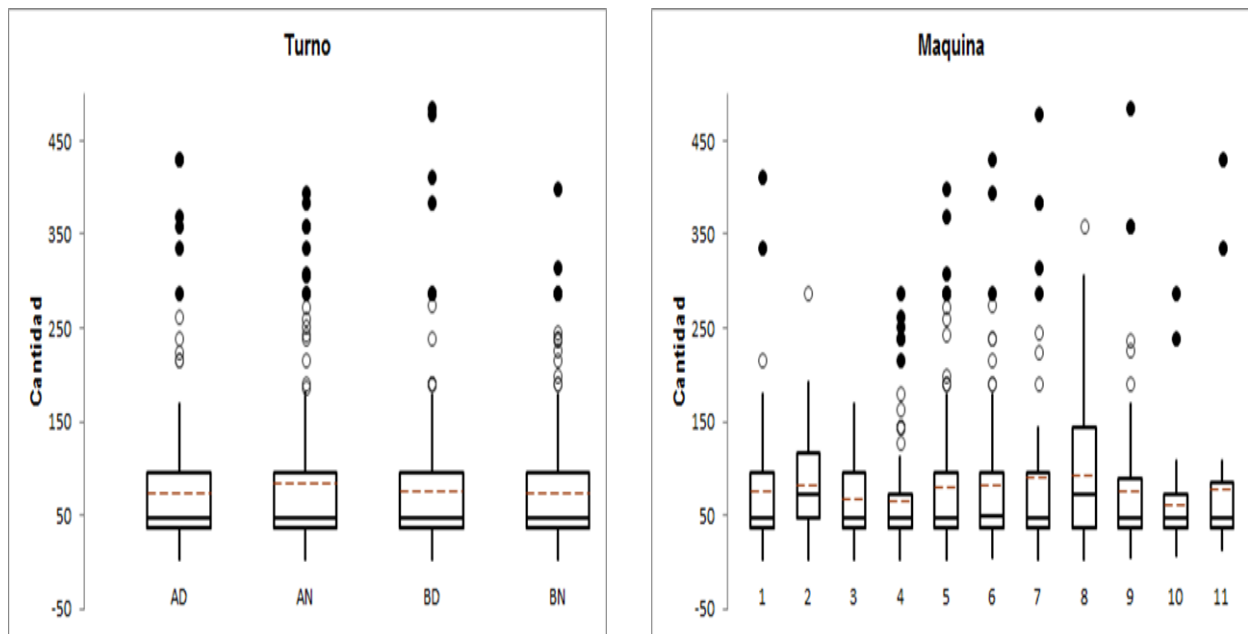


Figura 17. Gráfico de Box Plot, Turno y Máquina

El grafico Box Plot también nos indica que en todos los turnos y máquinas hay causas especiales. Por medio del grupo multidisciplinario se desarrolló el diagrama de causa y efecto, formando una lluvia de ideas por los integrantes del grupo. Los integrantes de grupo fueron: operadores del proceso de corte, auditores, supervisores, instructores y mecánicos. El diagrama de causa y efecto se muestra en la figura 18.

Materiales	Medio Ambiente	Métodos
Rollos de tela tensionados		Mal seteo de buffer en la parte/estilo
		Tendido de material grueso con muchas capas
Maquinaria	Mano de Obra	Medición
Cepillos en mal estado	Buffer mal diseñado en Marker Making	
Vacio débil	Ingreso de parámetros fuera de especificación a la maquina	
Cuchilla en mal estado	Mal manejo en el traslado de material/tendido (stacktable a Gerber)	
	Perdida de Origen	
	Uso de cuchilla incorrecta para material de spannnett	
	Maquina mal tapada con papel base	
	Tendidos tensionados y con arrugas	
	Mal método de reparación	
	Alineación de tendido en Gerber	

Figura 18. Diagrama de Causa y Efecto

Por medio del diagrama causa y efecto mostrado en la figura 18, se identificaron las causas potenciales del defecto Mal Corte en el proceso de corte, se utilizó la matriz de causa y efecto para priorizar las causas y definir las más críticas para el cliente. La matriz de causa y efecto se muestra en la figura 19.

Importancia para el Cliente			8	7	10	
			1	2	3	
			DPMs Regionales	Internal DPMs	Recubs	
	Etapa del proceso	Entrada al proceso (X)				Total
1	Tendido	Rollos de tela tensionados	9	9	9	225
2		Tendido tensionado y con arrugas	3	9	9	177
3		Mal manejo en el traslado de tendido (stacktable a Gerber) - causan arrugas	3	3	9	135
4	Gerber	Alineacion de tendido en Gerber	3	3	9	135
5		Ingreso de parametros fuera de especificacion a la maquina	9	9	9	225
6		Mal seteo de buffer en la parte/estilo	3	3	9	135
7		Cuchilla en mal estado	3	3	3	75
		Cepillo en mal estado	3	9	9	177
8		Perdida de Origen	3	3	3	75
9		Maquina mal tapada con papel base	3	9	9	177
10	Reparacion	Mal metodo de reparacion	3	3	9	135

Figura 19. Matriz Causa y Efecto

Se desarrolló una hoja de recolección de datos en las máquinas del proceso de corte donde se segregó con las diferentes causas que se identificaron en el ejercicio del diagrama y efecto con el equipo multidisciplinario. En la figura 20 se muestra la hoja de recolección de datos.

HOJA DE FRECUENCIA: MAL CORTE		AREA: GERBER																									
Nombre : _____		Fecha: _____																									
Turno: _____																											
No.	Causa	Frecuencia																								Total Piezas Def.	Total Ocurencias
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
MANO DE OBRA																											
1	Buffer del Marker NO esta de acuerdo a lo que indica la Especificacion de Corte																										
2	Buffer seteado en Spec NO funciona en el estilo/parte																										
3	Tendidos comenzados en las gerber en cambios de jornada/turno, a veces quedan malos																										
4	Config utilizado es el incorrecto (NO esta de acuerdo a la Spec/Marker)																										
5	Cambios en los parametros de seteo (velocidad)																										
6	Cambios en los parametros de seteo (revoluciones)																										
MAQUINARIA																											
5	Seteo varia entre gerber (gerber cortan mejor que otras)																										
6	Cepillos dañados																										
7	Maquinaria no responde a los ajustes de mecanica																										
8	Repuestos usados cuchillas (en mal estado)																										
METODO																											
9	Ajustes manuales (scaling)																										
MATERIALES																											
10	Papel Base dañado																										
11	Papel Base con agujeros cerrados																										
12	Material con arrugas por mal manejo en transporte																										
13	Material con arrugas por tension (proveedor)																										
OTROS																											

Figura 20. Hoja de Recolección de Datos.

Todos los datos recolectados se registraron en una base de datos para analizar la frecuencia de las causas en el proceso de corte que generan el defecto mal corte. En la figura 21 se muestra el gráfico con las mayores causas.

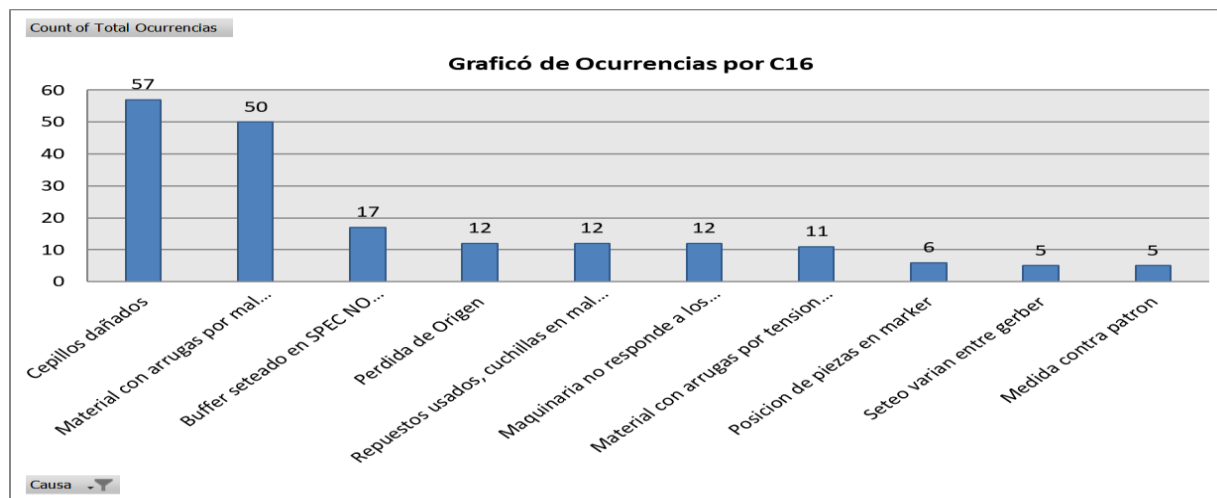


Figura 21. Gráfico de Ocurrencias de causas por Mal Corte (C16).

4.4 MEJORAR

La etapa mejorar es donde establecemos los planes de acción y comparamos los resultados antes y después de la mejora. Se implementaron diferentes acciones para lograr reducir el mal corte en el proceso de corte después de haber elaborado el mapa de proceso y el diagrama causa y efecto. A continuación, se muestra en la figura 20 el plan de acción.

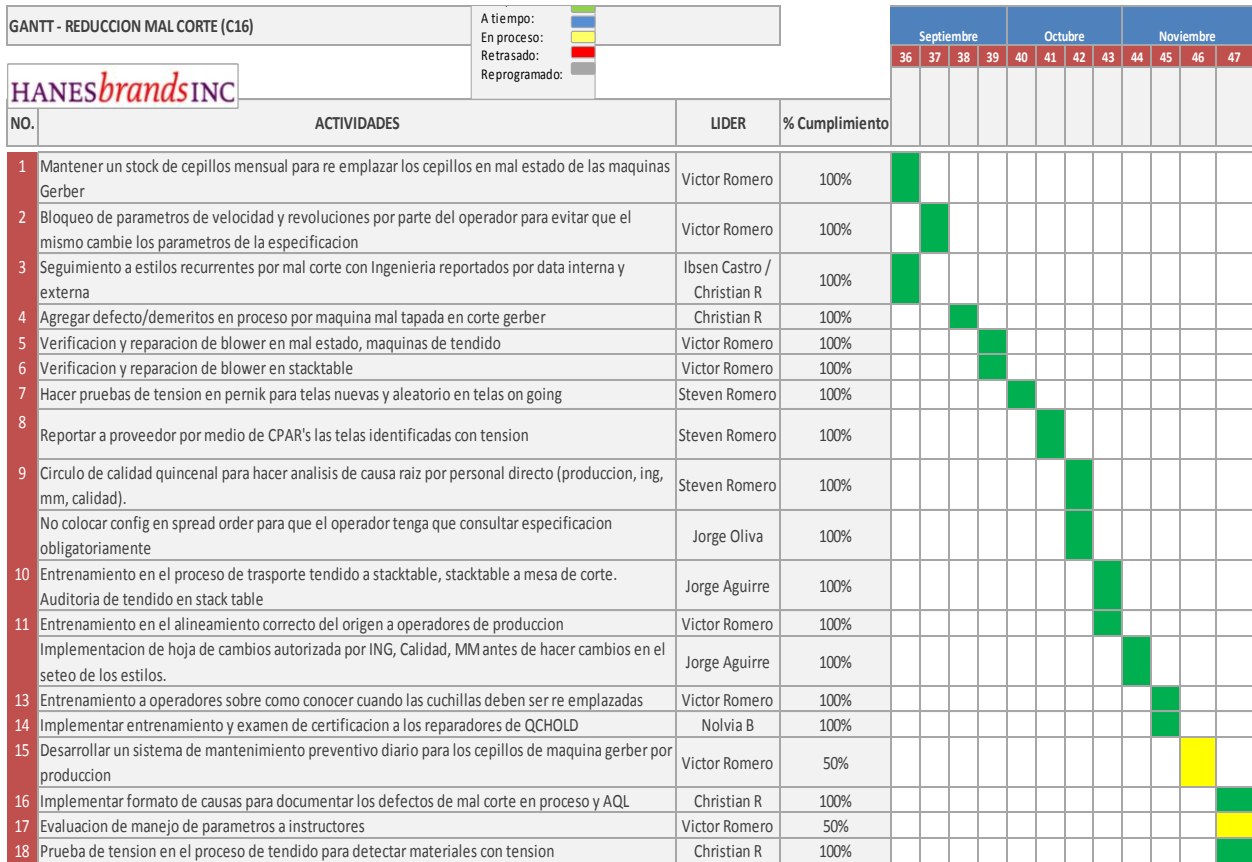


Figura 22. Plan de Acción

4.4.1 CAPACIDAD DEL PROCESO AJUSTADO

En esta sección se muestra la mejora por medio del cambio de proceso después de haber implementado las acciones específicas para eliminar las causas que ocasionan el defecto de mal corte en el proceso de producción Corte. En la figura 21 se muestra el comportamiento de los DPM's por mal corte después de mejora.

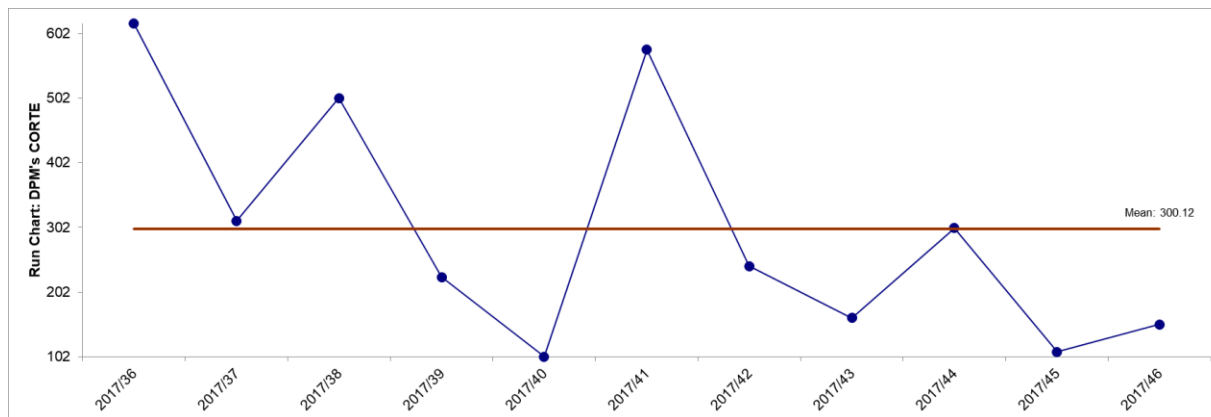


Figura 23. Gráfico de Control Después de Mejora

Como se puede observar en el gráfico de control la media de los DPM's por mal corte antes de implementar las acciones de mejora era 1117 defectos por millón, la media de los DPM's después de implementar las acciones de mejora es 300. El porcentaje de mejora en los resultados de las últimas 11 semanas es de 73%.

En la figura 23 se muestra la capacidad de proceso después de la mejora, el CPK antes era de 0.36 y después de la mejora es de 0.54.


 Process Capability Indices - Continuous Data (Assumes that data are normally distributed)			
Sample Data (user inputs):			
Mean	x-bar		300
Standard Deviation	s		185.38
Upper specification limit	USL		1589.92
Lower specification limit	LSL		0
Results:			
	Cp, Pp		1.43
	Cpu, Ppu		2.32
	Cpl, Ppl		0.54
	Cpk, Ppk		0.54

Figura 24. Capacidad de Proceso

En la figura 24 se muestra el ahorro en el costo por sobre consumo de tela del defecto mal corte en las 11 semanas de mejora, además se muestra una proyección de ahora al final de 12 meses.

Tabla 8. Tabla de Ahorro.

Semana	Unidades Exportadas	DPM's C16	Unidades C16	Consumo Estimado	% de Mejora	Consumo Estimado sin la mejora	Ahorro Estimado
2017/36	4,186,440	175	732	\$ 245.41	73%	\$ 914.48	\$ 669.07
2017/37	4,412,016	125	552	\$ 185.06	73%	\$ 689.61	\$ 504.55
2017/38	3,918,504	182	714	\$ 239.38	73%	\$ 892.00	\$ 652.62
2017/39	4,188,064	69	288	\$ 96.56	73%	\$ 359.80	\$ 263.24
2017/40	3,768,902	143	540	\$ 181.04	73%	\$ 674.62	\$ 493.58
2017/41	4,885,008	150	734	\$ 246.08	73%	\$ 916.98	\$ 670.90
2017/42	4,822,296	44	214	\$ 71.75	73%	\$ 267.35	\$ 195.60
2017/43	4,871,112	81	396	\$ 132.76	73%	\$ 494.72	\$ 361.96
2017/44	4,339,296	72	312	\$ 104.60	73%	\$ 389.78	\$ 285.18
2017/45	4,610,160	109	504	\$ 168.97	73%	\$ 629.64	\$ 460.67
2017/46	4,854,432	152	276	\$ 92.53	73%	\$ 344.81	\$ 252.27
Total Ahorro 11 semanas							\$ 4,809.64
Promedio de Ahorro Semanal							\$ 356.47
Proyección de Ahorro en 39 Wks							\$ 13,902.44
Total Ahorro Proyectado 1 Año							\$ 18,712.08

4.4.2 COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

En la tabla 9 se muestra el test de media contra media, en donde podemos verificar si la diferencia entre medias es significativa o no.

Tabla 9. Test de información.

2 Sample t-Test: DPM's CORTE		
Test Information		
H ₀ : Mean Difference = 0		
H _a : Mean Difference Not Equal To 0		
Assume Equal Variance		
Proceso	Despues	Media Inicial
Count	11	43
Mean	300.12	1117.9
Standard Deviation	185.38	439.54
Mean Difference	-817.77	
Std Error Difference	136.27	
DF	52	
t	-6.001	
P-Value (2-sided)	0.0000	
UC (2-sided, 95%)	-544.33	
LC (2-sided, 95%)	-1091.2	

Como se puede observar en la tabla 9 el P-Value es menor a 0.05, lo que significa que rechaza la hipótesis nula (que la varianza 1 y 2 son iguales), y acepta la hipótesis de investigación (si hay cambio en la varianza).

5.5 CONTROL

En la etapa control es donde desarrollamos la metodología por medio de procedimientos, instructivos de trabajo y tablas de control para asegurar que las mejoras implementadas permanezcan a través del tiempo.

En la figura 25 se muestra la matriz de análisis modal efecto y falla donde se muestra las etapas de cada proceso, la falla potencial, el efecto de la falla, la causa potencial y los controles actuales para evitar la falla.

Potential Failure Mode & Effects Analysis												
Process/Product		Planta de Corte - Intimates										
FMEA Team		Victor Romero, Jorge Aguirre, Jorge Interiano, Nolvía Brisuela, Christian Ramirez										
Responsibility		Jorge Avarado										
Prepared By		Christian Ramirez										
Row Number	Sort	Process								Actions		
		Process Steps or Product Functions	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	Severity (1-10)	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence (1-10)	Current Controls	Detection (1-10)	Risk Priority Number (RPN)	Recommended Action	Responsibility and Target Completion Date
6		Produccion - Ingreso de parametros a la maquina	Ingreso de config incorrecto	Mal Corte	7	Falta a procedimiento (uso de config incorrecto a proposito por el operador)	10	Auditoria de proceso	8	560	No colocar config en spread order para que el operador tenga que consultar especificacion obligatoriamente	Jorge Oliva
6		Produccion - Ingreso de parametros a la maquina	Ingreso de config incorrecto	Mal Corte	7	Falta de verificación de spread con especificacion	10	Auditoria de proceso	8	560	No colocar config en spread order para que el operador tenga que consultar especificacion obligatoriamente	Jorge Oliva
7		Produccion - Ingreso de parametros a la maquina	Manipulacion de parametros de velocidad	Partes cortadas con mal corte	8	Para incrementar la productividad (su pago)	10	No hay	10	800	Bloqueo de parametros de velocidad y revoluciones por parte del operador para evitar que el mismo cambie los parametros de la especificacion	Victor Romero
8		Produccion - Corte Gerber	Maquina con velocidad mas alta a la que pide la especificacion	Mal Corte	7	Manipulacion de parametros para aumentar productividad	10	Auditoria de proceso	5	350	Bloqueo de parametros de velocidad y revoluciones por parte del operador para evitar que el mismo cambie los parametros de la especificacion	Victor Romero
9		Produccion - Corte Gerber	Maquina con velocidad mas alta a la que pide la especificacion	Mal Corte	7	Maquina sin bloqueo de parametros	10	Auditoria de proceso	5	350	Bloqueo de parametros de velocidad y revoluciones por parte del operador para evitar que el mismo cambie los parametros de la especificacion	Victor Romero
10		Produccion - Corte Gerber	Cepillos en mal estado	Mal Corte	8	No se hace auditoria por area de mantenimiento a diario, no hay suficiente inventario de cepillos	9	Mantenimiento preventivo	7	504	Manejar stock de cepillos (1500) por mes para reemplazar los mismos cuando sea necesario. Revision de maquina a diario (inicio de cada turno)	Victor Romero
12		Produccion - Corte Gerber	Buffer seteado en SPEC no funciona en el estilo/parte	Mal Corte	7	Buffer pequeño para ahorro de material	7	Auditoria en el desarrollo del estilo	7	343	Implementacion de hoja de cambios autorizada por ING. Calidad, MM antes de hacer cambios en el seteo de los estilos Recopilacion de datos por buffer mal seteado para analizar los casos en caso de ocurrir	Jorge Aguirre/ Christian R
13		Produccion - Corte Gerber	Repuestos usados, cuchillas en mal estado	Mal Corte	7	Falta de conocimiento para detectar cuando hay que cambiar un repuesto por parte del operador	7	Mantenimiento preventivo	6	294	Entrenamiento a operadores sobre como conocer cuando las cuchillas deben ser reemplazadas	Victor Romero
14		QCHOLD	Parte cortadas con mala reparacion	Mal Corte	5	Operador sin entrenamiento de defectos y metodo de reparacion	6	Itora de Re - Inspecc	7	210	Implementar entrenamiento y examen de certificacion a los reparadores de QCHOLD	Nolvía B / Rosibel M

Figura 25. Analisis Modal Efecto y Falla

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se enuncian las conclusiones a las que se ha llegado en este estudio de investigación de acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos en el capítulo anterior. Además, se enuncian una serie de recomendaciones para la compañía.

5.1 CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos del análisis de cada variable en esta investigación se enuncian a continuación las siguientes conclusiones:

1. Los resultados obtenidos después de la mejora en esta investigación nos permiten concluir que la media en los DPM's fue reducida en un 73% en un período de 11 semanas, superior al 40% propuesto, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.
2. Las principales causas que ocasionan el defecto se detectaron por medio de las variables en el diagrama causa y efecto: mano de obra, método, maquinaria y materiales.
3. La capacidad del proceso de Corte paso de 0.36 CPK a 0.54 CPK. La mejora en la variación es de 15%.
4. Se identificaron como principales errores que causan el defecto: cepillos en mal estado y arrugas en el tendido.
5. Se implementó la herramienta AMEF para controlar el proceso de corte a través del tiempo.
- 6.

5.2 RECOMENDACIONES

En esta sección se enuncian las recomendaciones que consideramos se deben ejecutar para lograr mantener un control del proceso sostenible a través del tiempo.

1. Se recomienda implementar las acciones de mejora en el 100% de las máquinas Gerber para poder lograr un mayor porcentaje de reducción en los DPM's y reducción del costo por sobre consumo.
2. Se recomienda entrenar al personal operativo y de apoyo en la metodología DMAIC para que sean parte del proyecto y ayuden al sostenimiento de las mejoras implementadas.

3. Se recomienda medir la satisfacción de los clientes de la planta de corte para poder evaluar el impacto de las mejoras implementadas y detectar oportunidades de mejora para desarrollar nuevos proyectos de mejora.
4. Se recomienda a la alta gerencia establecer por escrito las reuniones periódicas para revisar la ejecución de las actividades en el AMEF.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernal, C. (2006). *Metodología de Investigación*. México: Pearson Educación.
- Cantú, H. (2001). *Desarrollo de una cultura de Calidad*. México: Mcgraw-Hill
- Confecciones del Valle, Corte. (2016) Manual de Calidad. Villanueva, Honduras.
- Confecciones del Valle, Corte. (2014) Manual de Defectos. Villanueva, Honduras.
- Confecciones del Valle, Corte. (2017). Villanueva, Honduras.
- Del Cid Pérez, A. S. (2007). *Investigación, Fundamentos y Metodología*. México: Pearson Educación.
- Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Ediciones Diaz de Santos. Doi:hyyps://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=deming&btnG=&lr=
- Escuela Internacional de Negocios. (2014). *Six Sigma Green Belt Training*. San Pedro Sula.
- Jareno, O. (s.f). La ley de Pareto y su aplicación en el Marketing. Recuperado a partir de <http://www.puromarketing.com/13/4857/pareto-aplicacion-marketing.html>
- García, M., Márquez, Nicet, & Posada, Catalina. (2005). *Seis Sigma un nuevo soporte para las empresas del futuro*. Tesis inédita, Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de la Sabana, Colombia.
- Gutiérrez, H. (2005). *Calidad total y productividad*. México: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, S.S. de C.V.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de la Administración de Operaciones* (7 ed.). México: Pearson Educación.

Hernández, R. F. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, S. A. de C. V.

Hernández, S., Fernández, C., & Lucio, B. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores.

Magnusson, K. (2006). *Seis Sigma: Una Estrategia Pragmática*. Gestión 2000.

Miranda, F., Chamorro, A., & Rubio, S. (2007). *Introducción a la Gestión de la Calidad*. Delta Publicaciones.

Montgomery, D. (2004). *Introduction to Statistical Quality Control*. Nueva York: John Wiley & Sons, inc.

Quara consulting & training . (2015) Manual de Entrenamiento 1. Villanueva, Honduras.

Quara consulting & training . (2015) Manual de Entrenamiento 2. Villanueva, Honduras.

Quara consulting & training . (2015) Manual de Entrenamiento 3. Villanueva, Honduras.

Quara consulting & training . (2015) Manual de Entrenamiento 4. Villanueva, Honduras.

Quality-One International. (2011). AMEF (análisis de modo y efecto de falla). Recuperado el 26 de Septiembre de 2011, de Training: <http://www.quality-one.com/services/fmeaES.php>

Rico, F. (2003). *Empresas Exitosas en Telefonía Fija*. Madrid: voluntad.

Sautu, P. B. (2005). *Manual de la Metodología*. Buenos Aires, Argentina: Lumiere.

Secretaria Central de ISO. (2005). Norma ISO 9000: 2005- *Sistemas de gestión de la calidad, fundamentos y vocabulario*. Ginebra.

Wetzel, J. R., Troncoso, G. L., Carrasco, D. E., & Santinbanez, F. V. (2008). *Aplicación de lean management al ciclo de maduración en una empresa industrial*. Tesis inédita, Master en gestión y dirección empresarial. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Yuni, J. A. (2010). *Técnicas para Investigar. Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación* (2ed.). Córdoba, Argentina: Brujas.

ANEXOS


ANEXO 1.

Tabla de causas por C16.

No.	Causa C16
MANO DE OBRA	
C001	Buffer del Marker NO esta de acuerdo a lo que indica la Especificacion de Corte
C002	Buffer seteado en Spec NO funciona en el estilo/parte
C003	Tendidos comenzados en las gerber en cambios de jornada/turno, a veces quedan malos
C004	Config utilizado es el incorrecto (NO esta de acuerdo a la Spec/Marker)
C005	Cambios en los parametros de seteo (velocidad)
C006	Cambios en los parametros de seteo (revoluciones)
MAQUINARIA	
C007	Seteo varia entre gerber (gerber cortan mejor que otras)
C008	Cepillos dañados
C009	Maquinaria no responde a los ajustes de mecanica
C010	Repuestos usados cuchillas (en mal estado)
METODO	
C011	Ajustes manuales (scaling)
MATERIALES	
C012	Papel Base dañado
C013	Papel Base con agujeros cerrados
C014	Material con arrugas por mal manejo en transporte
C015	Material con arrugas por tension (proveedor)

ANEXO 2.

Nuevo formato de auditoría de proceso.

Hbi 		Auditoria de Proceso de: 1. Tendido Gerber/Die/Atom 2. Corte Die/Atom					
Fecha: ___/___/___	Semana: _____	AD	AN	BD	BN	Marker: _____	Orden: _____
Estilo/Color: _____		Material/Color: _____		Capas: _____		Yds: _____	
<input type="checkbox"/> TENDIDO	GER	DIE	ATM	HIM	BRD	Operator: _____ / _____	
<input type="checkbox"/> CORTE						Turno: _____	
Defecto: _____		Causa C16 : _____		Firma Op: _____		Mquina _____	
Comentarios: _____		DEMERITOS		SELLO		SECUENCIA	
_____		_____		_____		_____	
_____		_____		_____		_____	
_____		_____		_____		_____	

ANEXO 3.

Reporte de Rechazos diario por estilo, defecto, parte.

