

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio Ciencias e Ingenierías

**Aplicación metodología DMAIC en empresa textil con
enfoque en reducción de costos.**

Sistematización de Experiencias prácticas de investigación y/o intervención

**Carlos Daniel Ibarra Albuja
Galo Santiago Berrazueta Lanas**

Ingeniería Industrial

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Industrial

Quito, 10 de mayo de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO CIENCIAS E INGENIERIAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Aplicación metodología DMAIC en empresa textil con
enfoque en reducción de costos.**

**Carlos Daniel Ibarra Albuja
Galo Santiago Berrazueta Lanas**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Danny Orlando Navarrete Chavez ,
M.Sc

Firma del profesor

Quito, 10 de mayo de 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Carlos Daniel Ibarra Albuja

Código: 00124418

Cédula de Identidad: 1725278392

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Galo Santiago Berrazueta Lanas

Código: 00125525

Cédula de Identidad: 1724079544

Lugar y fecha: Quito, 10 de mayo de 2019

RESUMEN

Se aplicó de la metodología DMAIC, en la empresa THC para reducir defectos de calidad y sus costos relacionados. En base a datos históricos se definió el enfoque del estudio para la familia de cobijas Tigre. Se corroboró que los parámetros de calidad de la empresa son congruentes con los factores críticos de calidad definidos por los clientes, posteriormente se levantaron los tres procesos de producción y mediante flujogramas e histogramas, se determinó que los procesos críticos referente a las fallas de calidad producidas son los procesos de tejeduría y estampación. Se midió la situación actual de estos procesos y se encontró que las manchas son las fallas más frecuentes dentro de las clasificadas como de segunda calidad. Se determinaron las causas raíz de estos problemas y se encontró que la atención de los operadores y el método de lavado de cuadros eran las principales causas de las fallas. Se implementó un nuevo proceso de cambio y lavado de cuadros al momento de realizar el cambio de color, con esta mejora se redujo en 1,86% la proporción de cobijas de segunda calidad. Adicionalmente, se propusieron mejoras a mediano y largo plazo como implementar un nuevo sistema de remuneración con un componente variable, estandarización y documentación de procesos.

Palabras clave: DMAIC, textil, calidad, mejora, Lean Six Sigma, costos

ABSTRACT

DMAIC methodology was applied in the THC company to reduce quality defects and its related costs. Based on historical data, the study approach was focused on the Tigre blankets family. It was corroborated that the quality parameters of the company are consistent with the critical quality factors defined by the clients, then the three production processes were documented through flow charts. It was determined that the critical processes referring to the quality shortcomings are the processes of weaving and printing. The current situation of these processes was measured, and it was determined that the stains are the most frequent quality shortcomings within the defective blankets. The root causes of these problems were settled, and it was found that the attention of the operators and the washing method of the frames were the main causes of the failures. A new process of frame swapping and washing was implemented for the line color changes, with this improvement the proportion of second quality blankets was reduced by 1.86%. In addition, medium and long-term improvements were proposed, such as the implementation of a new remuneration system with a variable component and, process standardization and documentation.

Key words: DMAIC, textile, quality, improvement, Lean Six Sigma, costs

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	10
	1.1. Enfoque del estudio	10
2.	Objetivos	15
	2.1. Objetivo General:.....	15
	2.2. Objetivos Específicos:.....	15
3.	Revisión Literaria	16
4.	Selección de la Metodología	20
5.	Fase Definir.....	22
	5.1. Project Charter	22
	5.2. Entrevistas y encuestas	26
	5.2.1. Entrevista a Jefe de Planta.....	26
	5.2.2. Encuesta a Clientes Finales.....	26
	5.3. Datos históricos	29
	5.4. Enunciado del problema.....	30
6.	Fase Medir	32
	6.1. Descripción de los procesos.....	32
	6.1.1. Proceso de Tejido.....	32
	6.1.2. Proceso de Estampado y Peinado.....	34
	6.1.3. Proceso de Acabados Finales.....	37
	6.2. Plan de medición	38
	6.2.1. Primer Punto de Medición.....	40
	6.2.2. Segundo punto de medición.....	44
7.	Fase Analizar	51
	7.1. Diagrama de Pareto de Fallas	51
	7.2. Diagrama de Ishikawa	52
	7.3. 5 ¿Por qué's?	54
	7.4. Pruebas de Hipótesis.....	55
	7.4.1. Prueba de Hipótesis para diferencia de proporciones Control de Calidad Tejido.....	55
	7.4.2. Prueba de Hipótesis para diferencia de proporciones Turno Día y Noche.....	57

8.	Fase Mejorar	60
8.1.	Mejoras a corto plazo	60
8.1.1.	Proceso de Cambio de Cuadros en Estampadora	60
8.2.	Mejoras a mediano plazo	66
8.2.1.	Sistema Andon y Poka Yoke para máquina Estampadora	66
8.3.	Mejoras a largo plazo	68
8.3.1.	Componente variable del sueldo.....	68
8.3.2.	Estandarización de procesos.....	70
9.	Fase Controlar	73
9.1.	Control Mejora a corto plazo	73
9.1.1.	Análisis de Beneficio	76
10.	Conclusiones	77
11.	Limitaciones y Recomendaciones	79
11.1.	Limitaciones	79
11.2.	Recomendaciones.....	79
12.	Referencias bibliográficas	81
13.	Anexos	83
13.1.	Anexo 1 Encuesta Clientes THC.....	83
13.2.	Anexo 2 Urdidora.....	84
13.3.	Anexo 3 Máquinas Tejedoras	85
13.4.	Anexo 4 Máquina revisión Tejeduría.....	86
13.5.	Anexo 5 Máquina Rama	87
13.6.	Anexo 6 Máquina Poll Rotor.....	88
13.7.	Anexo 7 Máquina Estampadora.....	89
13.8.	Anexo 8 Datos Método de Exactitud y Reproducibilidad	90
13.9.	Anexo 9 1er Punto de Medición Tejeduría	91
13.10.	Anexo 10 Datos 2do Punto de medición	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Project Charter	23
Tabla 2. 4W y 1 H Primer punto de medición.....	41
Tabla 3. 4W y 1H Segundo punto de medición.....	44
Tabla 4 Datos Recolectados Estudio Gage R&R.....	46
Tabla 5 Costos de Inversión	65
Tabla 6 Costos de Producción	65
Tabla 7 Utilidades Brutas Escenario 1.....	65
Tabla 8 Cálculo utilidades en dos escenarios en mejora cambio de color	66
Tabla 9 Inversión detallada Sistema Andon y Poka Yoke	68
Tabla 10 Cálculo utilidades en dos escenarios en mejora Andon y Poka Yoke	68
Tabla 11 Utilidad encontrada.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Histograma Devoluciones en \$ Periodo enero 2017 - septiembre 2018	11
Figura 2 Diagrama de Pareto Unidades Producidas	12
Figura 3 Diagrama SIPOC Macroproceso Tejido.....	12
Figura 4 Diagrama SIPOC Macroproceso Estampado y Peinado	13
Figura 5 Diagrama SIPOC Macroproceso Acabados Finales y Empaque.....	14
Figura 6 ¿Desde hace cuánto tiempo es cliente de THC?.....	27
Figura 7 ¿Cuál es su grado de satisfacción general con las cobijas de THC?	28
Figura 8 Comparación con otras alternativas de cobijas.	28
Figura 9 Características importantes de calidad para clientes finales.....	29
Figura 10 Diagrama de Pareto de Fallas en Familia Tigre	30
Figura 11 Diagrama de Flujo Proceso de Tejido Familia Tigre	33
Figura 12 Diagrama de Flujo Estampado y Peinado Familia Tigre.....	35
Figura 13 Diagrama de Flujo Acabados Finales Familias Tigre	37
Figura 14 1er punto de medición. Control de calidad Tejido	40
Figura 15 2do punto de medición. Acabados Finales	40
Figura 16 Carta de Control C para Tejeduría.....	43
Figura 17 Carta de Control P para Confección	48
Figura 18 Informe de Capacidad del Proceso	49
Figura 19 Diagrama de Pareto Fallas Periodo febrero 2019	52
Figura 20 Diagrama de Ishikawa Manchas en Cobijas.....	53
Figura 21 Histograma Encuestas Operarios.....	54
Figura 22 Diagrama de Flujo Cambio de Color As Is	61
Figura 23 Diagrama de Flujo Cambio de Color To Be.....	63
Figura 24 Carta P, Área de Acabados Finales Final	74
Figura 25 Análisis de capacidad de Proceso Final.....	75

1. INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera del Ecuador se encuentra consolidada como una de las más importantes ya que, de acuerdo al INEC, al mes de septiembre de 2017 generó el 11% del empleo total del país, siendo el segundo sector que más mano de obra emplea en el Ecuador. Además, representó el 16% de la participación en el PIB en el año 2016 (BCE, 2016). En la actualidad, la industria textil y confección es la tercera más grande en el sector de la manufactura, aportando más del 7% del PIB Manufacturero nacional (AITE, 2018).

La empresa TCH es una compañía textil ecuatoriana la cual produce hilos, telas y cobijas para el mercado nacional e internacional. TCH está ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito, abrió sus puertas en 1982 y a lo largo de los años ha logrado ser considerada como una de las mejores fábricas textiles en el rango de fibra larga, siendo sus tres materias primas el acrílico, poliéster y lana (A.Bofill, entrevista personal, 1 de octubre de 2018). TCH ha llegado a ser considerada como referente en la industria textil mediante la búsqueda del cumplimiento de la misión de la empresa: “Satisfacer las necesidades del mercado global con productos textiles de calidad aplicando procesos eficientes, responsables e innovadores para generar valor a nuestros clientes, colaboradores y accionistas” (TCH, 2018). TCH cuenta con tres líneas de producción: hilatura, telares y cobijas (Bofill, entrevista personal, 1 de octubre de 2018).

1.1.Enfoque del estudio

En base a un análisis de las devoluciones realizadas por los clientes desde enero de 2017 hasta septiembre de 2018 mostrado en la Figura 1, se encontró que el 50.3% del valor total en dólares de las devoluciones se da en la línea de cobijas, el 23.1% por la línea de telas y el 26.6% por la línea de hilos.

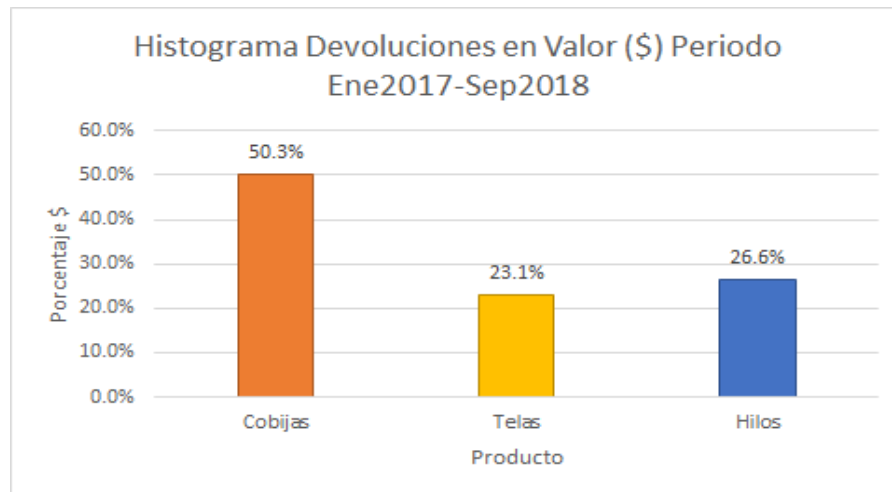


Figura 1 Histograma Devoluciones en \$ Periodo enero 2017 - septiembre 2018

Por lo tanto, este estudio se enfoca en la línea de cobijas, donde se busca reducir los problemas de calidad, con el fin de disminuir costos relacionados. Se ha decidido utilizar la metodología Lean Six Sigma ya que es considerada una de las mejores alternativas para mejorar la calidad, reducir desperdicios y ayudar a las organizaciones a producir productos y servicios mejor, rápido, y más barato (Pugna, Negraa, & Miclea, 2016). Dentro de la metodología Lean Six Sigma, se ha planteado utilizar “DMAIC”, el cual es un proceso iterativo con énfasis en la recolección y análisis de datos que ha demostrado ser efectiva para lograr mejora continua de procesos (Jardim, K. 2013).

La línea de producción de cobijas cuenta con alrededor de 1000 sku’s distribuidos en alrededor de 24 familias de productos (Bofill, entrevista personal, 1 de octubre de 2018). Para establecer el enfoque se decidió mantener una reunión con los encargados de producción y operaciones y además realizar un diagrama de Pareto sobre los datos de la producción entre el período de enero de 2017 y octubre 2018 mostrado en la *Figura 2*. Mediante esta herramienta se pudo determinar que el enfoque de estudio es la familia de cobijas Tigre ya que representa el 37% de la producción. Además, en base a una reunión con el personal de operaciones, la familia Tigre es de producción constante mientras que el resto de las familias tienen producción esporádica y por lo general son realizadas en base a órdenes del cliente.

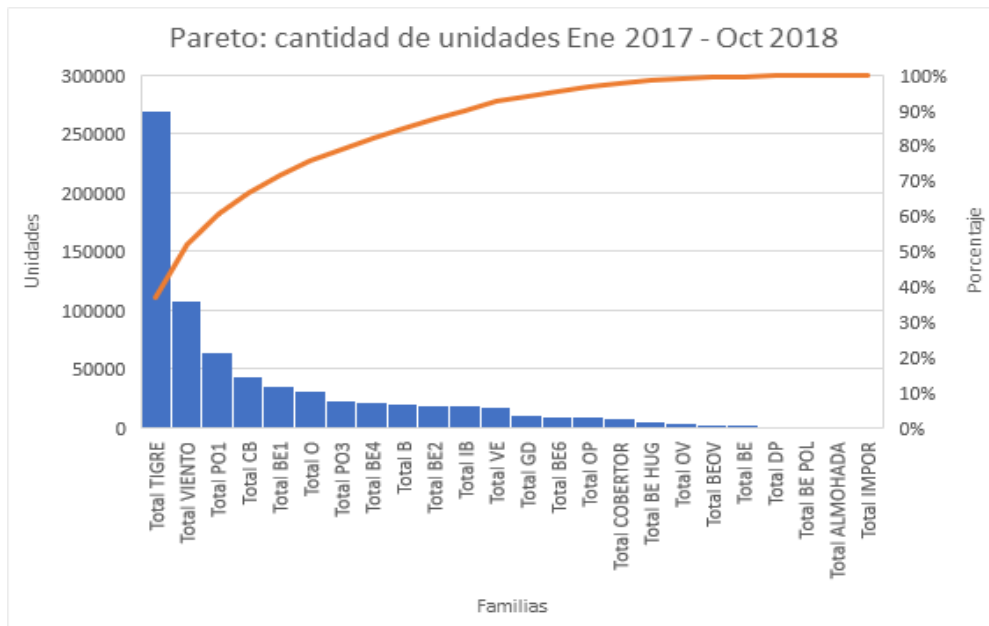


Figura 2 Diagrama de Pareto Unidades Producidas

El proceso para la elaboración de la familia Tigre consiste en tres macroprocesos: *tejido*, *estampado y peinado* y *acabados finales*. Se utilizó un diagrama SIPOC para cada macroproceso de tal forma que se pueda entender el funcionamiento base del sistema. En la Figura 3, se muestra el macroproceso de tejido, el cual consiste en transformar la materia prima en rollos de tela crudos.

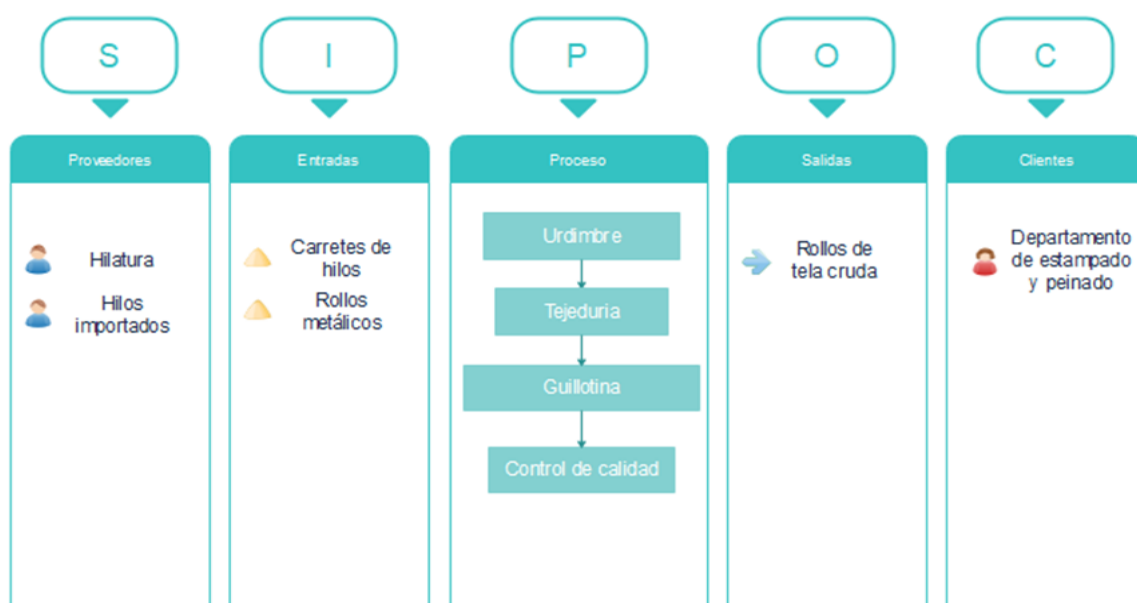


Figura 3 Diagrama SIPOC Macroproceso Tejido

En el siguiente macroproceso de estampado se trata a la tela y se coloca el diseño correspondiente, este se muestra en la Figura 4.



Figura 4 Diagrama SIPOC Macroproceso Estampado y Peinado

Finalmente, en el tercer macroproceso de Acabados finales y empaque mostrado en la Figura 5, los rollos de tela estampada se trasladan al departamento de empaque en donde se le da los acabados finales y se empaqueta para ser distribuido.

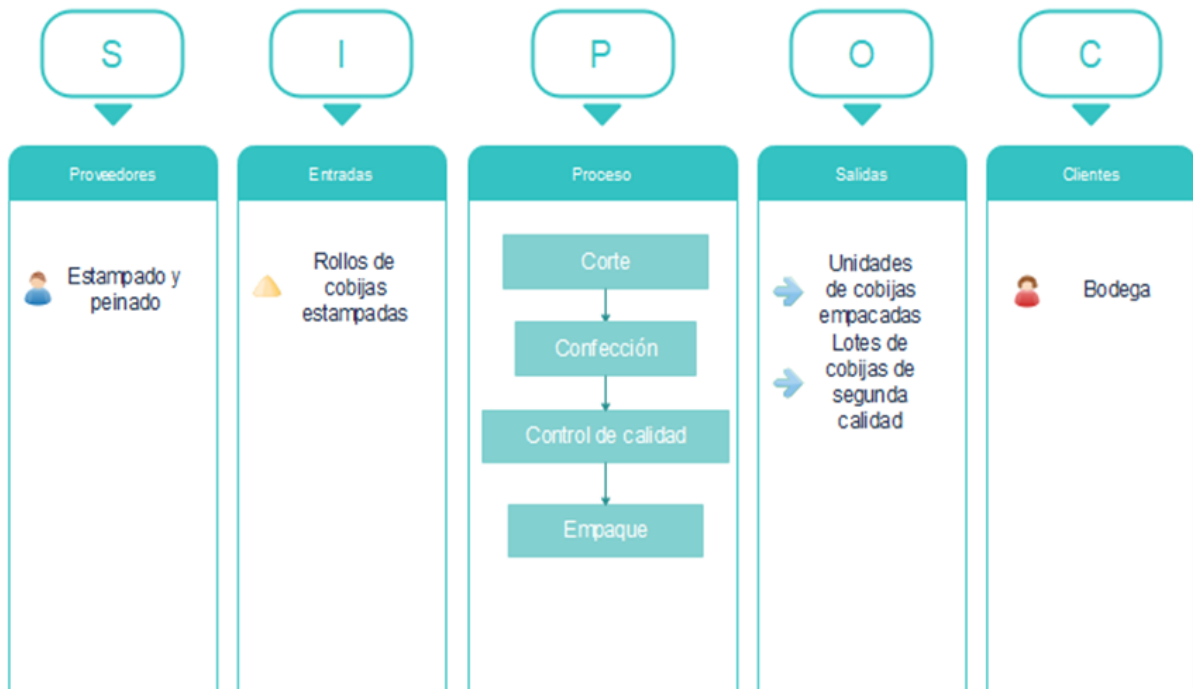


Figura 5 Diagrama SIPOC Macroproceso Acabados Finales y Empaque

La situación actual de la empresa en la línea de cobijas es que a lo largo de los tres macroprocesos de esta línea se presentan defectos que reducen la calidad de las cobijas. Actualmente la empresa clasifica a sus productos en tres categorías: primera calidad, segunda calidad y retazos. Estas clasificaciones se basan en las especificaciones de calidad planteadas para los diferentes productos de la línea y son monitoreadas por un operario del área de confección. Las cobijas de segunda calidad tienen un menor precio de venta al público por lo tanto se considera que existe un problema ya que reduce el margen de contribución.

2. OBJETIVOS

2.1.Objetivo General:

El objetivo de este estudio es utilizar la metodología DMAIC para reducir defectos de calidad de la familia de cobijas “Tigre” en la empresa THC minimizando los costos relacionados a estas fallas de calidad.

2.2.Objetivos Específicos:

Mediante investigación y análisis estadísticos evaluar los procesos productivos actuales de la línea de cobijas para determinar su estado referente a la calidad.

Determinar las partes de los procesos a ser medidas en base a su incidencia en los problemas de calidad.

Mediante observación y análisis estadísticos, encontrar aquellas actividades que pueden ser mejoradas para reducir significativamente los problemas de calidad.

Evaluar los beneficios de las posibles mejoras para identificar aquellas que tendrán un mayor impacto económico en la empresa.

Implementar y medir el impacto de las mejoras aplicadas comparando el nuevo comportamiento del proceso con el antiguo.

3. REVISIÓN LITERARIA

Para la elaboración de este estudio se realizó una revisión literaria sobre estudios que implementen la metodología del ciclo DMAIC. A continuación, se muestra la información recopilada de los estudios más relevantes.

En el trabajo de investigación de Drohomerskia, Gouvea da Costaa, de Limaa, da Rosa Garbuioa (2013) se compara los beneficios de las filosofías Lean, Six Sigma y Lean Six Sigma (LSS), en donde se obtiene que al ser aplicada la filosofía LSS, permite alcanzar una mayor ventaja competitiva, una significativa reducción de costos, tiempos y aumento de confiabilidad en los productos y servicios ya que la base de esta filosofía es el uso del ciclo de mejora DMAIC (Guerrero y León, 2017).

En el estudio realizado por Ajmera, Umarani y Valase en India en el 2017 se plantea como objetivo utilizar la metodología Lean Six Sigma en la industria textil para mejorar la calidad, reducir la tasa de defectos y aumentar la productividad. Se utilizan herramientas como inspección lote por lote, análisis de capacidad, análisis del balanceo de línea existente, gráficas de Pareto y diagramas de causa y efecto (Ishikawa). Se obtuvo como resultado una mejora del nivel sigma de 2.9 a 3.1 y una reducción en la tasa de defectos de 8.25% a 2.63.

DMAIC presenta un rol importante en la mejora de la calidad y de las ganancias de cualquier compañía, ya que los defectos de calidad tienen un efecto directo en los márgenes de ganancia. Las organizaciones hoy en día deben utilizar todos los recursos disponibles que tienen de una manera eficiente y efectiva para poder satisfacer a sus clientes con alta calidad a bajos costos. Lean se presenta como una alternativa que, en base al análisis de datos, enfoque sistemático y buscando satisfacer a los clientes internos y externos. En su estudio, Gupta busca reducir los defectos de la manufactura de hilos, en la fase de definir separa al proceso de

hilatura por departamentos y muestra el porcentaje de defectos y el nivel sigma de cada área y se enfoca el área de devanado ya que es la que más defectos presenta, continúa luego con un Pareto que le ayuda a determinar qué tipo de defectos son los que más se dan en esta área y determina que son defectos por el cosido. En la fase de medir se realiza un diagrama de causa y efecto en base al cual se desarrolla el plan de medición con el que determinan que medirán y los tamaños de muestra correspondientes. Lo que obtiene en la fase de analizar es que la mayor cantidad de defectos se dan en el turno de la mañana y se encontró las causas raíz de los problemas entendiendo que el tipo de hilado influye directamente en la calidad del proceso. Para la fase de mejoras se diseñó un experimento que ayude a determinar los factores importantes que afectan a la tasa de defectos y se controla las mejoras realizadas al proceso mediante gráficas de control. (Gupta, 2013)

En el caso de estudio realizado por Purnama, Shinta & Helia en Indonesia en el año 2018 en la industria textil, se menciona que el objetivo de la aplicación de la metodología DMAIC fue aumentar la calidad en el proceso de elaboración de mochilas mediante la reducción de los defectos en la línea de producción para obtener una ganancia económica al aumentar la satisfacción del cliente. Para este estudio se utilizó herramientas lean como el análisis de falla y efecto (AMEF) para medir y cuantificar el problema, la matriz de jerarquización (AHP) para priorizar el enfoque y el análisis de causa y efecto para proponer mejoras. De igual forma en el caso de estudio realizado por Smętkowska y Mrugalska en Polonia en el 2017 se menciona que al aplicar la metodología DMAIC en la industria se puede conseguir la reducción de defectos y aumento de calidad. En este estudio se utilizaron herramientas como Diagramas de flujo y SIPOC para definir el proceso, se recolectó información histórica de la producción para medir, se realizó “brainstorming” para analizar las posibles causas, los autores aplicaron herramientas como SMED y TPM para proponer

soluciones y, se menciona la importancia del control a lo largo del tiempo y la mejora continua como elementos clave de la metodología.

En el estudio de Hayajneh,, Bataineh, y Al-Tawil (2007) realizado en una empresa textil de Jordania, se logró aumentar el nivel de calidad global de 95,3% a 98,3% gracias al enfoque sistemático de la metodología DMAIC. Mencionan la importancia de la implementación de este tipo de sistemas de calidad para poder mantener la competitividad de las compañías y que por esta razón en las últimas décadas compañías textiles han optado por sistemas Six Sigma basados en la metodología DMAIC. En este caso para la etapa de definir, utilizaron herramientas como diagramas causa-efecto y una matriz de priorización para determinar y priorizar los factores críticos del producto. Para la fase de medir, diagramas de causa efecto, flujogramas de los procesos y diagramas de Pareto fueron utilizados debido a que estos brindan la posibilidad de mostrar de manera gráfica los problemas y su categorización gracias a estadística descriptiva. En la fase de analizar se utiliza nuevamente un Pareto que les ayuda a identificar esos pocos problemas críticos que pueden ser mejorados. En la fase de implementación utilizan 5 ´s una herramienta Lean que mejoró el área de inspección de pantalones, además de crear un cronograma de reuniones el cual ayude a mejorar la comunicación entre departamentos y en la fase de controlar utilizan cartas estadísticas de control para poder monitorear el nivel de calidad total del proceso.

De igual forma, en la investigación realizada por Hodge, Ross, Joines, & Thoney (2011) de título “Adapting lean manufacturing principles to the textile industry” se entrevistó a 11 empresas de la industria textil en USA, en donde se encontró que las herramientas Lean utilizadas y que más beneficios han reportado son las 5s, kaizen, trabajo estandarizado y VSM (mapeo del flujo de valor).

El estudio realizado en Bosnia en el 2012 por Duraković y Bašić, se enfocó en un modelo para optimizar el proceso de corte textil en una compañía de tamaño mediano mediante Six Sigma. Los autores mencionan que hay pocos estudios que muestran una implementación exitosa de Six Sigma en empresas de mediana escala, pero sí existen datos que demuestran que en compañías grandes se han encontrado resultados satisfactorios al implementar esta metodología. Mencionan que al implementar Six Sigma es necesario mejorar los procesos continuamente mediante DMAIC. En este caso, buscan un modelo que reduzca los defectos de una fábrica textil en el área de corte y concluyen que el modelo mediante el uso de herramientas como gráficas de control, diagramas causa efecto y el mapeo de procesos sería posible de implementar en compañías textiles de tamaño mediano para identificar maneras para estabilizar y luego mejorar los procesos reduciendo los defectos.

Finalmente, se determinó que el estudio de Smętkowska y Mrugalska (2017) es de gran utilidad para el presente estudio ya que para cada uno de los pasos del ciclo de mejora DMAIC se proponen una lista de requerimientos mínimos para realizar de manera correcta la aplicación de la metodología, por lo tanto, se utilizará como guía base para la realización de este trabajo.

4. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Lean Six Sigma es un método sistemático y organizado para la mejora de procesos estratégicos que se basa en métodos estadísticos y en el método científico con el objetivo de conseguir reducciones importantes en la tasa de defectos definidas por el cliente (Linderman et al., 2003) Esta metodología fue introducida a mediados de los 80 en Motorola por Bob Galvin y Bill Smith (Smętkowska & Mrugalska, 2017).

Dentro de las diferentes herramientas que se presentan como alternativas para mejorar los niveles de calidad, DMAIC es una de las más populares y que más beneficios presenta. DMAIC es el acrónimo de (Definir - Medir - Analizar - Implementar - Controlar), esta metodología se basa en el círculo de mejora de Deming (Smętkowska & Mrugalska, 2017). La estructura de DMAIC enfocada en métricas se considera como una contribución efectiva para la gestión de la calidad (Mast & Lokkerbol, 2012).

Un enfoque sistemático como el de la metodología DMAIC perteneciente a Lean Six Sigma es aplicable para cualquier tipo de proceso y brinda beneficios como el poder monitorear y calcular parámetros del proceso. (Duraković, B., & Bašić, H., 2012) Por estos motivos, en este estudio se decidió utilizar como base a la metodología DMAIC para buscar reducir los defectos de calidad de la familia de cobijas Tigre de la empresa THC y por ende minimizar los costos relacionados a estas fallas de calidad.

Como se mencionó en la revisión literaria, se decidió utilizar el estudio de Smętkowska y Mrugalska (2017) como guía en la metodología a seguir ya que en este estudio se propone una lista de requerimientos mínimos para cada una de las fases de la metodología DMAIC. Por motivos de tiempo y alcance de este estudio se va a realizar las tres primeras fases de la

metodología (Definir, Medir, Analizar) y un plan piloto de la cuarta fase (Mejorar), mientras que la quinta fase (Controlar) no se incluirá dentro de este estudio.

5. FASE DEFINIR

Lo que se busca en esta fase es identificar los factores críticos de la calidad (CTQ's) definidos por la empresa y validar si estos fueron obtenidos en base a la voz del cliente o son parámetros definidos por la empresa sin tomar en cuenta al cliente. Mediante herramientas cualitativas y cuantitativas este estudio plantea determinar los factores críticos que perciban los clientes al momento de considerar la calidad del producto. Paso seguido se consideró necesario analizar las prioridades de la organización y el enfoque de esta en cuanto a la calidad, para así desarrollar un estudio que se conecte con estas prioridades y cuente con el apoyo de la gerencia (Kumar, Singh, Tiwari & Perry, 2016). Para poder cumplir con los objetivos de esta fase se utilizó una herramienta de calidad como el diagrama de Pareto para analizar los datos históricos de la empresa y, además, se realizaron estudios cualitativos mediante entrevistas con el personal interno y encuestas a clientes sobre calidad de las cobijas.

Uno de los problemas encontrados es que las cobijas que son clasificadas como de segunda calidad en la empresa THC representan una pérdida de utilidades ya que estas tienen un 15% de descuento del precio de venta o pasan a ser desperdicio completo tras ser almacenadas por largos periodos de tiempo y tener que ser desechadas. Se encontró que estas cobijas se clasifican en base a especificaciones definidas por el antiguo departamento de calidad, el mismo que actualmente ya no existe. Por lo tanto, el objetivo en esta fase fue corroborar si estas especificaciones eran las adecuadas al compararlas con la voz del cliente mediante encuestas con los clientes finales y con entrevistas con los clientes mayoristas de la empresa.

5.1. Project Charter

Para establecer el alcance y objetivos generales del proyecto se desarrolló un project charter al comienzo del mismo, en el cual se detallan aspectos fundamentales que servirán

como guía base para el desarrollo de las siguientes fases de estudio. Éste se presenta a continuación.

Tabla 1 Project Charter

Project Charter
<p>Nombre del proyecto</p> <p>DMAIC THC</p> <p>Directores de Proyecto</p> <p>Carlos Daniel Ibarra</p> <p>Santiago Berrazueta</p> <p>Justificación</p> <p>Existe un 50.3% del valor total de las devoluciones por parte de la línea de cobijas en el periodo de enero del 2017 a septiembre del 2018. En esta línea el 37% de las unidades producidas son de la familia Tigres. Actualmente se clasifica en 2 categorías: 1era y 2da, siendo esta última un problema ya que el precio de venta se ve reducido en un 15%. Por lo tanto, el proyecto tiene como fin la mejora de calidad en la familia Tigres con el objetivo de minimizar los costos relacionados a las fallas de calidad.</p> <p>Objetivo</p> <p>Utilizar la metodología DMAIC para reducir defectos de calidad de las cobijas de la familia Tigre en la empresa THC minimizando los costos relacionados a estas fallas de calidad.</p> <p>Requerimientos / Descripción del producto final</p>

Se desea obtener un proceso mejorado al reducir las fallas de calidad producidas de tal forma que el proceso se encuentre dentro de los límites de control y se tenga un aumento del nivel sigma en 1.

Se aplicará las 4 primeras fases de la metodología DMAIC y una prueba piloto de la última fase.

Se requiere definir el problema en base a la voz del cliente, conocer a un nivel de detalle aceptable el funcionamiento del proceso, establecer un plan de medición validado y que represente de manera eficaz el funcionamiento del proceso, analizar de manera eficiente y efectiva los problemas encontrados, implementar mejoras a corto plazo de la cual se obtenga beneficios económicos.

Recursos asignados

Debido a que se trata de un proyecto de titulación, no existirán recursos económicos asignados, sino que se utilizarán recursos tecnológicos como computadoras portátiles de uso personal.

Importante: en caso de que se necesite recursos económicos para la implementación de mejoras, se realizará un análisis costo-beneficio para solicitar a la gerencia de la empresa.

Partes implicadas (Stakeholders)

- Gerencia Empresa THC, encargada de brindar la evaluación de conformidad con el trabajo realizado.
- Trabajadores empresa THC, acompañarán y brindarán el apoyo necesario a los directores del proyecto.
- Director de Tesis, encargado de guiar y aprobar el proyecto de titulación realizado.
- Junta Directiva de Tesis, encargados de la evaluación final del proyecto de titulación.

- Directores del proyecto, encargados del desarrollo y presentación del trabajo de titulación con el fin de conseguir la aprobación para posterior graduación.

Estimación inicial de riesgos

1. Que no exista mejoras viables para el proceso en estudio.
2. Que los entregables no puedan ser alcanzados en el tiempo estimado.
3. Que la gerencia de THC realice cambios en los métodos o maquinaria de producción.
4. Que la demanda de cobijas Tigre sea muy baja y no permita producción constante.

Plan de mitigación de riesgos

1. Realizar un análisis más profundo conjuntamente con los jefes de producción y estampado utilizando información histórica.
2. Planificar con anticipación las tareas críticas a ser cumplidas.
3. Mantener comunicación constante con la gerencia.

Estimación inicial de tiempo

El trabajo de titulación se desarrollará a partir del primer día del mes de Octubre de 2018 y deberá estar completamente finalizado para el primer día del mes de Mayo del 2019.

Requerimientos y responsables de aprobación

- Aprobación del trabajo de titulación: Comité de Titulación y Gerencia Empresa THC.

Nombres

Carlos Daniel Ibarra y Santiago Berrazueta

5.2. Entrevistas y encuestas

5.2.1. Entrevista a Jefe de Planta

Para corroborar si los parámetros de calidad definidos por la empresa son los correctos, el primer paso fue mantener una reunión con el jefe de planta e inspeccionar las cobijas ya separadas para entender cómo se realizaba esta clasificación. Se determinó que la clasificación la realiza un operario y visualmente determina si las cobijas presentan fallas en cuanto al diseño o a la textura.

5.2.2. Encuesta a Clientes Finales

El siguiente paso fue determinar la definición de los clientes de calidad de las cobijas, para lo cual se decidió realizar una encuesta en la Feria de Cobijas realizada por la empresa en el mes de Octubre. Se decidió plantear 5 preguntas cortas en donde 3 de estas eran cerradas correspondientes a opción múltiple, una pregunta semicerrada correspondiente a selección de factores y una pregunta abierta. La estructura de las preguntas se muestra en el Anexo 1.

Se planteó determinar el tamaño de muestra necesario para este estudio. Esta estimación se la realizó en base a la fórmula x para estimación de medias y población infinita. Se utilizó un nivel de confianza del 95% y un error permitido del 10%, ya que se consideraron adecuados para este estudio. Además, se decidió maximizar el tamaño de muestra utilizando una varianza estimada de 0,5.

$$n_o = \left(Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{e} \right)^2$$

Ecuación 1

En donde n_o es el tamaño de muestra, $Z_{\alpha/2}$ es el nivel de confianza, σ es la varianza estimada, y e es el error aceptado. Reemplazando los valores mencionados:

$$n_o = \left(1.96 \frac{0.5}{0.1}\right)^2$$

$$n_o = 96.04$$

Se obtiene un tamaño de muestra de 96 encuestas. Esta encuesta se aplicó a clientes finales en la feria de cobijas realizada en la empresa THC en el mes de octubre, en donde se encuestó a todos los clientes que acudieron. Durante los dos días que se mantuvo la feria de cobijas, se obtuvo un total de 46 encuestas. No se pudo obtener un mayor número de encuestas por motivos de tiempo y dificultad, esto debido a que se decidió encuestar a clientes que se acerquen a un supermercado para comprar una cobija, pero en el tiempo dedicado no se pudo obtener ninguna muestra.

Para la primera pregunta de la encuesta: “¿Desde hace cuánto tiempo es cliente de THC?” se obtuvieron porcentajes similares para todas las categorías, representado la mayor proporción los clientes desde hace más de 5 años, como se muestra a continuación en la Figura 6.

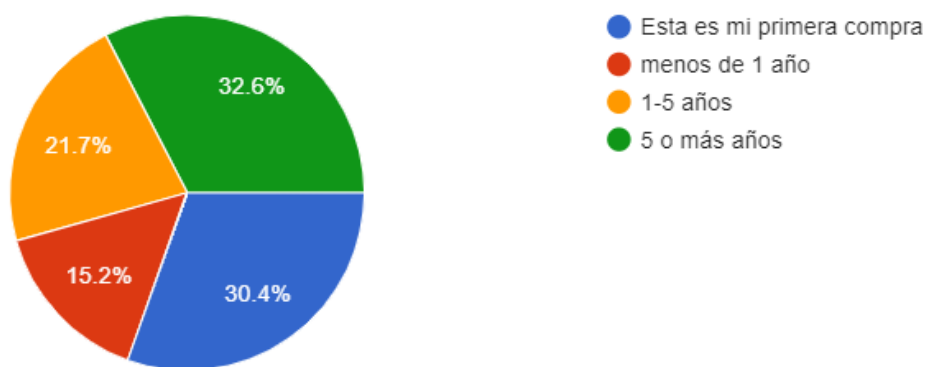


Figura 6 ¿Desde hace cuánto tiempo es cliente de THC?

Para la segunda pregunta: ¿Cuál es su grado de satisfacción general con las cobijas de THC? se obtuvo que el 84.8% de los encuestados se encuentran al menos satisfechos con las cobijas THC. El diagrama de pastel para esta pregunta se encuentra en la Figura 7.

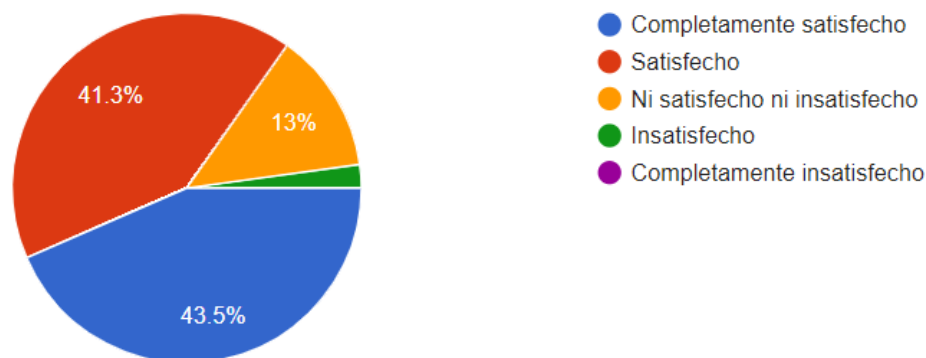


Figura 7 ¿Cuál es su grado de satisfacción general con las cobijas de THC?

Para la tercera pregunta, en donde se pidió comparar a las cobijas de THC con otras cobijas del mercado, se obtuvo que el 80% de las personas considera que las cobijas de THC son al menos algo mejor que las de la competencia. El diagrama de pastel se muestra en la Figura 8.

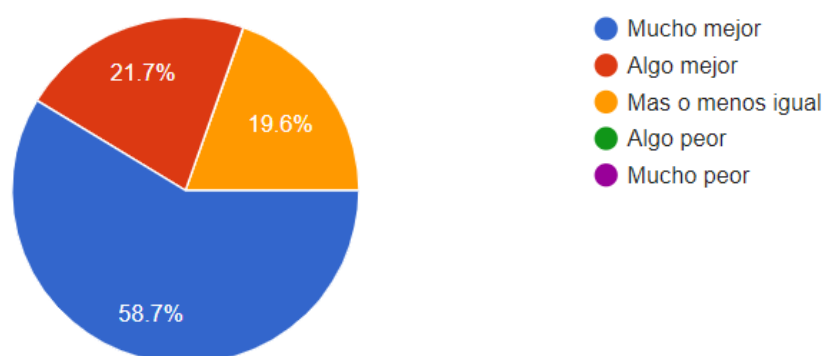


Figura 8 Comparación con otras alternativas de cobijas.

Finalmente, se solicitó escoger a cada encuestado los dos factores de mayor importancia en cuanto a calidad de las cobijas. Se obtuvo que los principales factores percibidos por los

clientes son: *textura* y *diseño*. Por lo tanto, es esencial un énfasis adecuado en estos componentes. El diagrama de barras se presenta a continuación en la Figura 9.

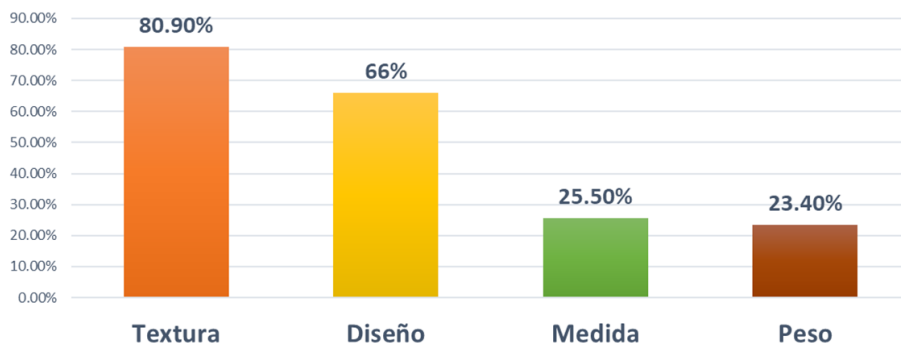


Figura 9 Características importantes de calidad para clientes finales

La definición de *textura* por parte de los clientes es que la cobija sea suave, agradable al tacto y que no presente características duras o rugosas. En cuanto al diseño, los clientes mencionaron que el diseño de la cobija se debe apreciar correctamente, que no haya agentes que interfieran a la imagen y que los colores que componen el diseño sean los adecuados.

Después de analizar las encuestas a los clientes finales, se concluyó que los factores de textura y diseño definidos por la empresa THC para clasificar las cobijas en cuanto a calidad, se encuentran correctamente establecidos ya que estos son los factores que los clientes consideran críticos en las cobijas.

5.3.Datos históricos

El siguiente paso fue analizar datos históricos de la empresa correspondientes al periodo de agosto 2017 hasta julio 2018, e identificar cuáles fallas son las que más se han presentado causando que se separen a cobijas de segunda calidad. A continuación, en la Figura 10 se muestra el diagrama de Pareto para las fallas de cobijas de la familia Tigre:

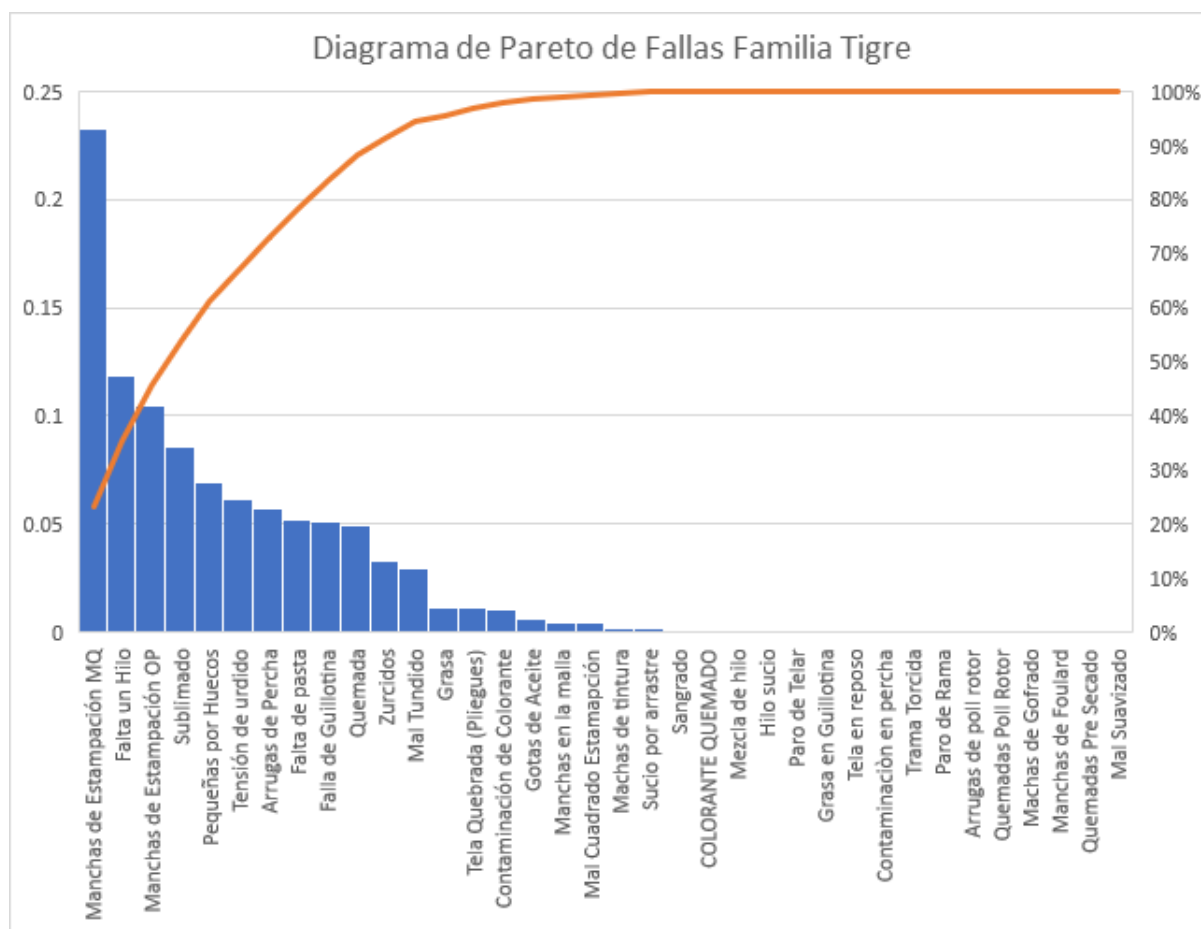


Figura 10 Diagrama de Pareto de Fallas en Familia Tigre

De la Figura 10 se puede extraer que el 8% de las fallas, es decir, manchas de estampación máquina, falta de un hilo y manchas de estampación Operador, representan el 46% del total de cobijas de segunda calidad.

Además, se analizaron los datos sobre la cantidad de cobijas clasificadas como de calidad B en el mismo período antes mencionado. Se pudo obtener que se produjeron en total 126.516 cobijas Tigre de las cuales 2.680 cobijas fueron clasificadas como de calidad B, esto representa el 2.12% del total.

5.4. Enunciado del problema

Para el período de agosto 2017 a julio 2018, en la empresa THC, el 2.12% de las cobijas Tigre producidas se clasificó como de calidad B de acuerdo a los datos históricos. La

empresa considera adecuado tener menos del 1.5% en promedio de cobijas de calidad B. Esto ha resultado en la reducción de los ingresos económicos para la empresa.

6. FASE MEDIR

En esta fase se busca identificar el funcionamiento base del proceso y documentarlo de manera que se pueda tener un conocimiento real de la situación actual mediante la obtención de datos (Smętkowska y Mrugalska, 2017). Además, se debe identificar las entradas y salidas del proceso correspondiente de manera que se pueda trasladar los problemas encontrados en la fase previa a una forma medible, es decir, encontrar métricas válidas y reales que representen el problema (Berardinelli, 2012).

Para cumplir con estos objetivos, se planteó describir los procesos a detalle mediante diagramas de flujo, desarrollar un plan de medición el cual debe ser validado con un estudio del método de medición (Repetibilidad y Reproducibilidad). Para el plan de medición se calculó el tamaño de muestra óptimo, se tomó los datos de manera aleatoria y se recolectó los datos de forma insesgada, de esta manera se aseguró que el set de datos represente la realidad del proceso. Se utilizaron conjuntamente gráficas de control y un análisis de la capacidad del proceso, DPMO (defectos por millón de oportunidades) y nivel sigma como indicador para validar la mejora del proceso en etapas posteriores.

6.1.Descripción de los procesos

En primer lugar, se levantó la información del proceso de elaboración de las cobijas Tigre, para lo cual se utilizaron diagramas de flujo para representar las actividades pertinentes de cada proceso.

6.1.1. Proceso de Tejido

En la Figura 11 se puede observar el flujo en el proceso de tejido.

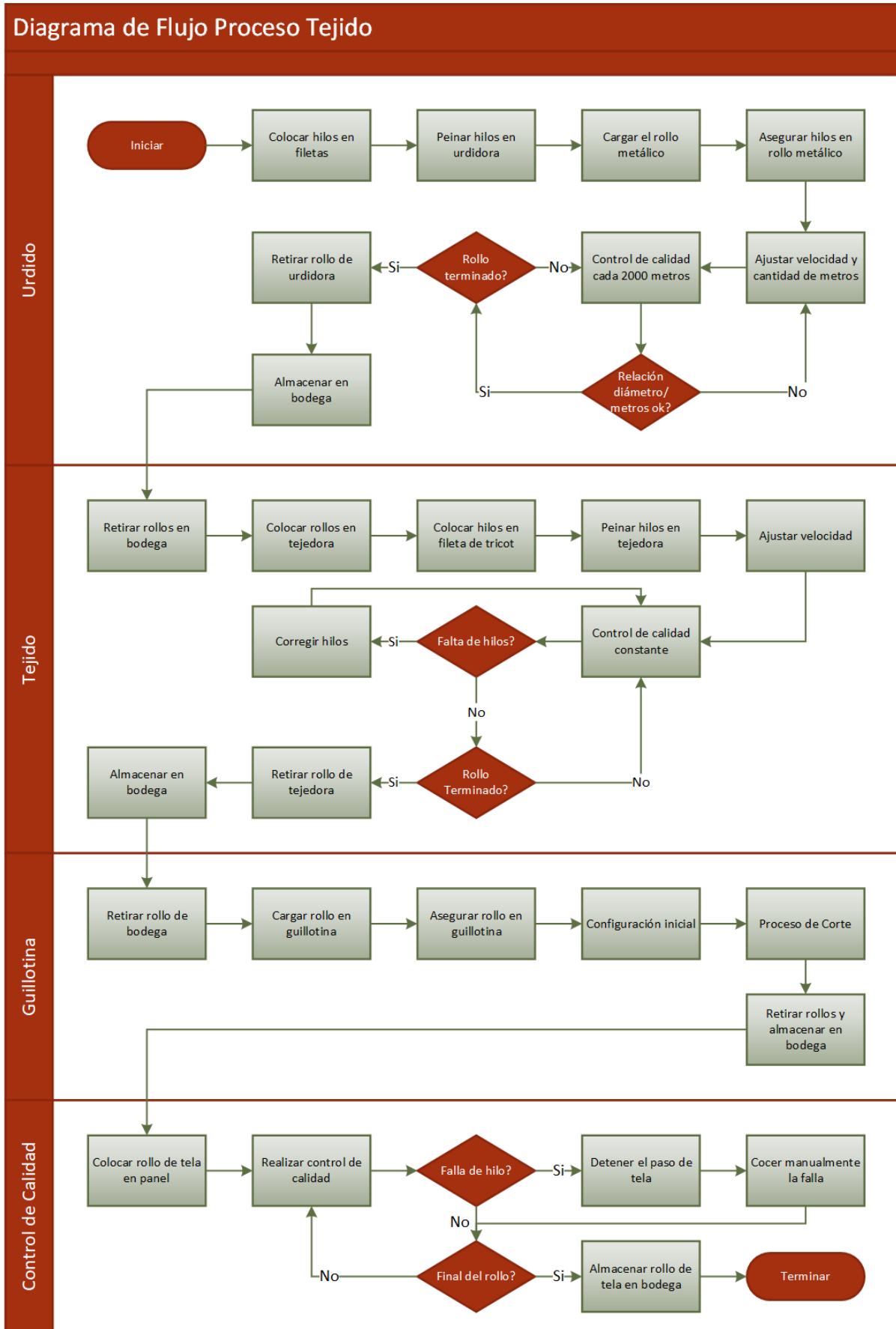


Figura 11 Diagrama de Flujo Proceso de Tejido Familia Tigre

El proceso de tejido para la familia Tigre, empieza en la urdidora, donde un operario “peina” los hilos, es decir, pasa los hilos por un conjunto de agujas de la máquina. La urdidora junta los hilos en un arreglo de malla que envuelve un rollo metálico, el gráfico de esta máquina se muestra en el Anexo 2. Se necesita 10 rollos con 290 hilos cada uno para la cadeneta y 10 rollos de 289 cada uno para la trama en la máquina tejedora. Una vez que se tienen los 20 rollos con hilo de numeración 150/48 listos se los coloca en la máquina tejedora y se peinan también 1450 hilos de numeración 300/144 desde la fileta directamente a la parte superior de la tejedora para que estos formen el tricot. Se utilizan 3 máquinas de galga 16 y una máquina de galga 18 para tejer estas cobijas, se muestra una imagen en el Anexo 3. Se ajusta la velocidad de la máquina dentro del rango de 280 a 300 rpm y se revisa que no falten hilos visualmente mientras trabaja la tejedora. Si un hilo se rompe, el tejido deja de ser uniforme y se observa una falla en el rollo por lo que se deben corregir estas fallas lo más pronto posible. Se produce un rollo de 200 metros de largo.

Finalmente, el proceso continúa hacia la guillotina la cual separa al rollo en 2 mediante un corte longitudinal. Por último, cada rollo es inspeccionado por una operaria visualmente y se corrige cualquier falta de hilos que se presente cosiendo el rollo de tela a mano. Esta máquina se muestra en el Anexo 4

6.1.2. Proceso de Estampado y Peinado

El proceso de estampado y peinado para la familia Tigre se encuentra en la Figura 12.

Diagrama de Flujo Proceso Estampado Tigre

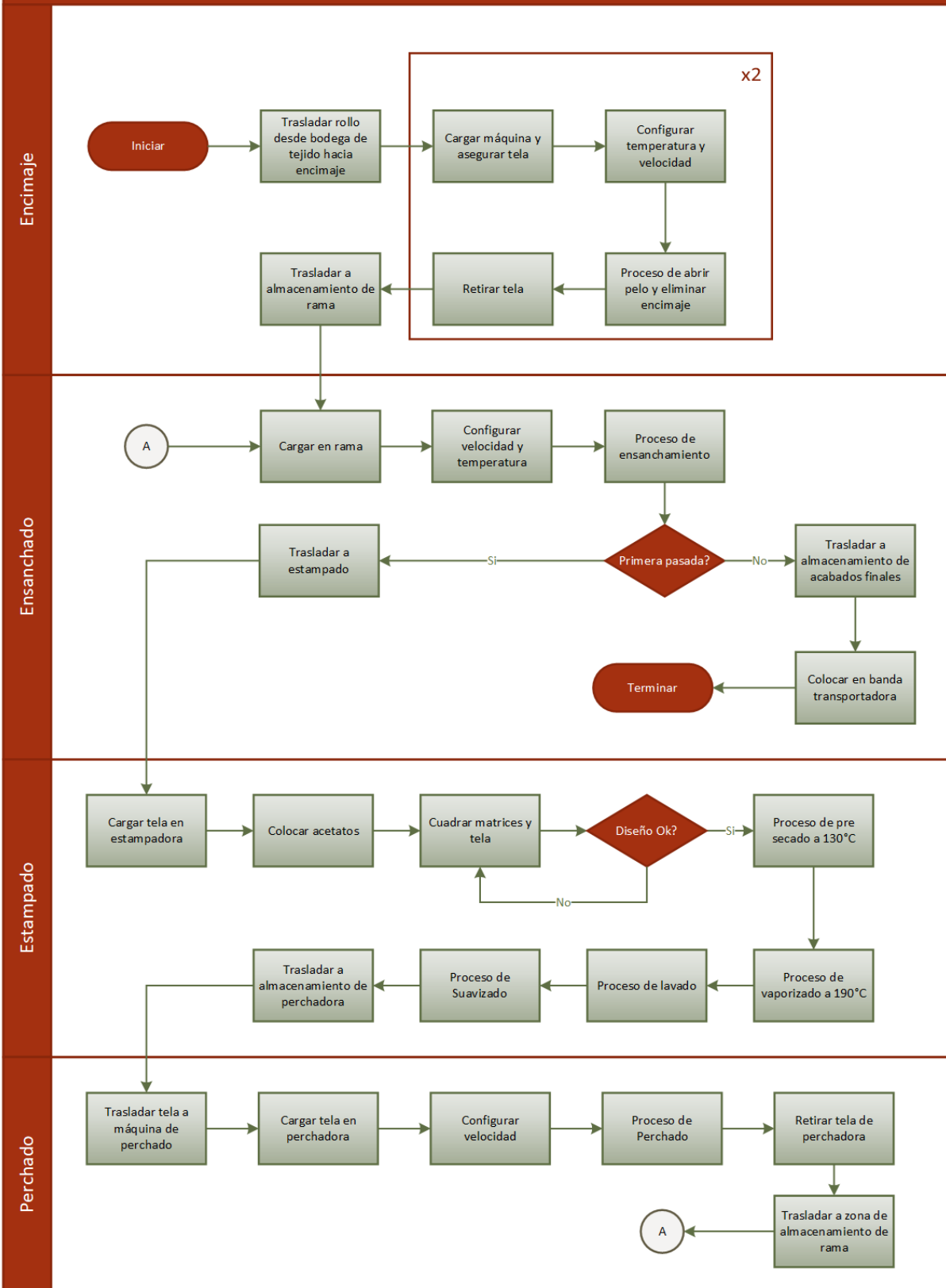


Figura 12 Diagrama de Flujo Estampado y Peinado Familia Tigre

Este proceso empieza cuando los rollos provenientes de tejido pasan dos veces por la máquina *Pollrotor*, ilustrada en el Anexo 6, que, mediante vapor, a una temperatura de 200°C, abre el pelo y quita el ensimaje de la tela, es decir elementos químicos propios del poliéster, a una velocidad de 5 metros por minuto. Luego los rollos son llevados a una máquina llamada *rama*, la cual se muestra en el Anexo 5 esta máquina ensancha la tela a 220 cm a una velocidad de 18 metros por minuto. Este proceso es necesario para que las cobijas tengan el ancho suficiente para entrar en la máquina *Tacome* de estampado, mostrada en el Anexo 7 la cual empieza en una guiadora la cual envía el rollo a una banda transportadora en la cual se tiene pegamento para que la tela se adhiera a la misma, la cobija va pasando y sobre la tela caen acetatos que permiten que la pasta de colorantes espesos estampé el diseño a manera de serigrafía por el movimiento de un rodillo. Después de terminar de estampar todos los colores del diseño el rollo de tela entra en la unidad de pre secado que funciona a 130°C en la cual los colores se fijan debido al calor, luego pasan a un vaporizado a 190°C que toma 40 minutos por rollo.

Los rollos entran después a la unidad de lavado reductivo la cual utiliza una solución con pH 12 para eliminar el colorante que no reaccionó en procesos anteriores y no se adhirió a las fibras de tela. Por último, los rollos pasan por otra solución que neutraliza el pH para que los rollos pasen a la unidad de suavizado en la cual mediante una solución de siliconado suaviza el rollo de tela que entra a la unidad de secado la cual se encuentra a 70°C.

Luego estos rollos ya estampados pasan al tren de acabados que cuentan con diferentes máquinas donde se perchan y abrillantan a una velocidad de 8,5 metros por segundo para luego pasar nuevamente por la máquina *rama* en la cual se ensancha la cobija a 2 metros utilizando temperatura de 170°C y fuerza mecánica.

6.1.3. Proceso de Acabados Finales

Este proceso sigue el flujo que se presenta a continuación en la Figura 13.

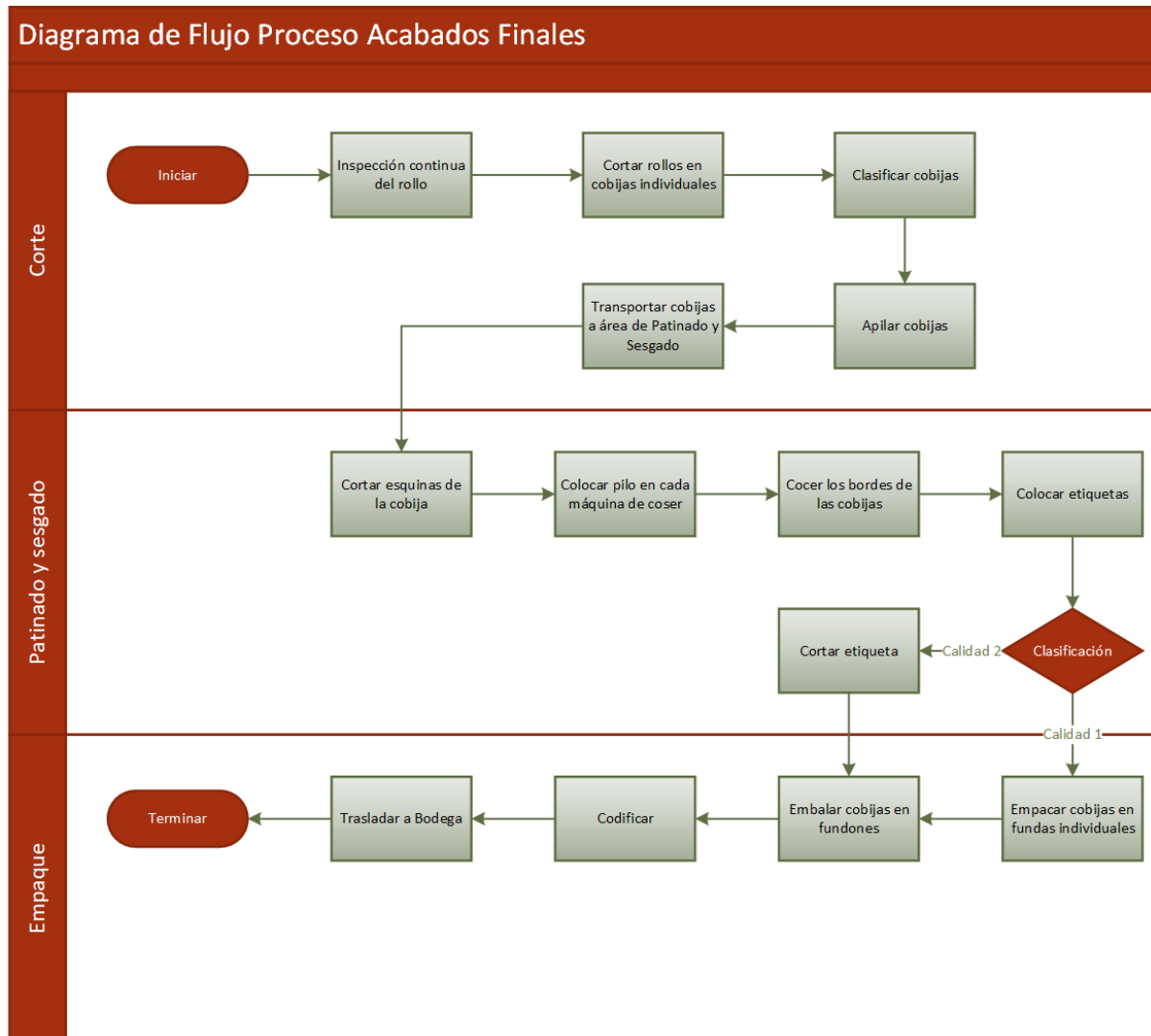


Figura 13 Diagrama de Flujo Acabados Finales Familias Tigre

Los rollos listos del anterior proceso suben al área de acabados finales mediante una máquina, en esta área se cortan los rollos en cobijas individuales y, se inspecciona y clasifica preliminarmente estas cobijas mientras son cortadas, luego pasa a la maquila de confección donde empieza con el proceso de patinado que se refiere a cortar las puntas de las cobijas y así puedan entrar al proceso de sesgado en el cual se cose el contorno de la cobija y se coloca la etiqueta. Dos operarios doblan la cobija y realizan una clasificación final de calidad, a las

cobijas de segunda se les corta la etiqueta y se embala en fundones grandes mientras que las unidades de clase A se guardan en fundas individuales y en fundones. Finalmente se trasladan a bodega donde son almacenadas hasta su posterior distribución.

6.2. Plan de medición

De acuerdo con los diagramas de flujo mencionados anteriormente y la naturaleza del proceso se determinó que existen dos puntos críticos en donde se puede detectar las fallas de calidad producidos en los procesos. En estos dos puntos de medición se identificaron diferentes aspectos de la calidad y se estableció el plan de medición en base a la herramienta de 4W y 1H.

El primer punto se lo muestra en la Figura 14, y encuentra ubicado en la mesa de inspección de tejeduría justo después de que el rollo es tejido y cortado en la guillotina. Aquí se midió el número de fallas referentes a falta de hilos.

El segundo punto se muestra en la Figura 15, y se encuentra en el proceso de acabados finales en el área de confección durante la etapa de auditoría final de clasificación de cobijas, en el cual se pueden identificar manchas, mal cuadro del diseño o cualquier imperfección producida en el tren de acabados.

Diagrama de Flujo Proceso Tejido

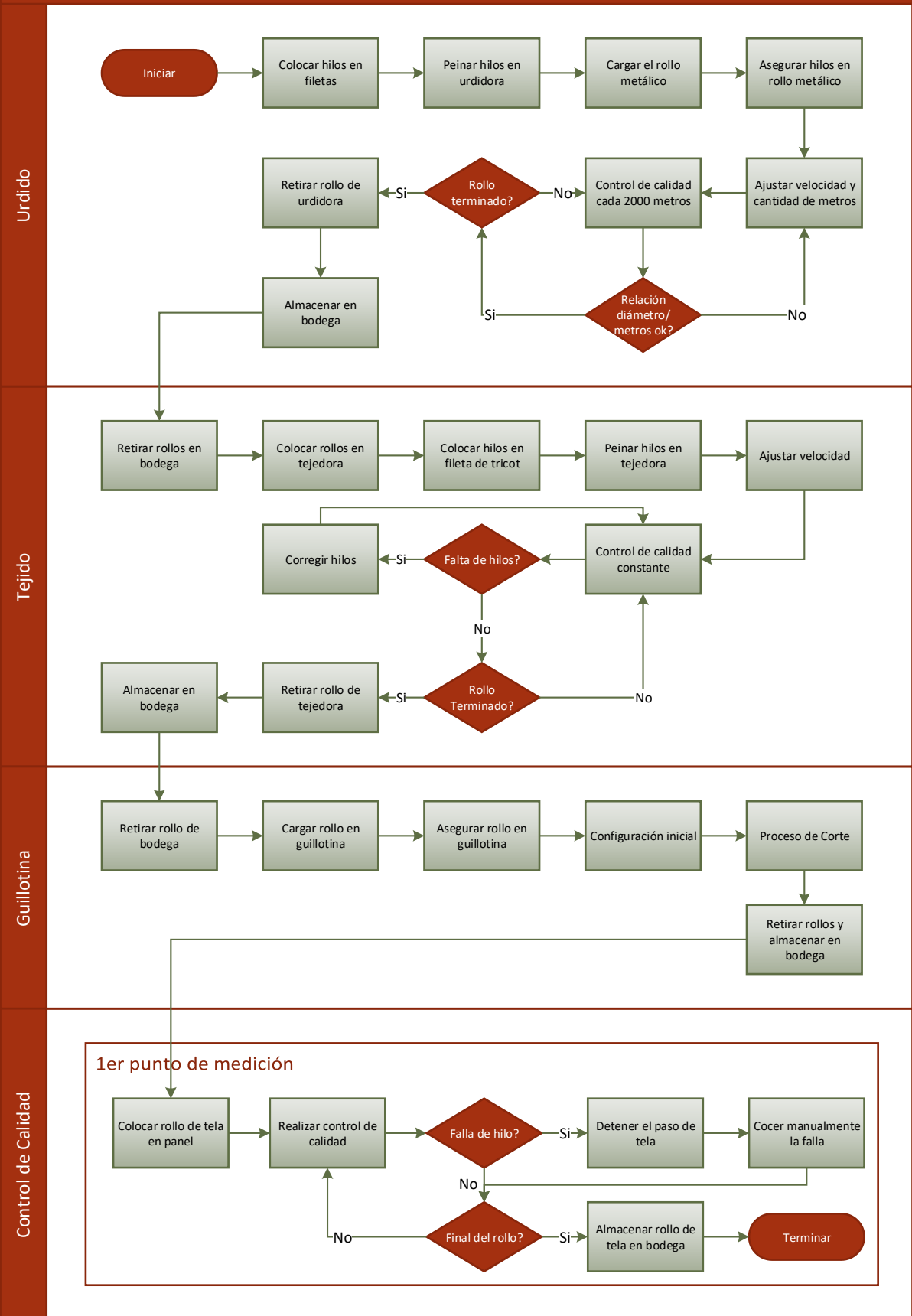


Figura 14 1er punto de medición. Control de calidad Tejido

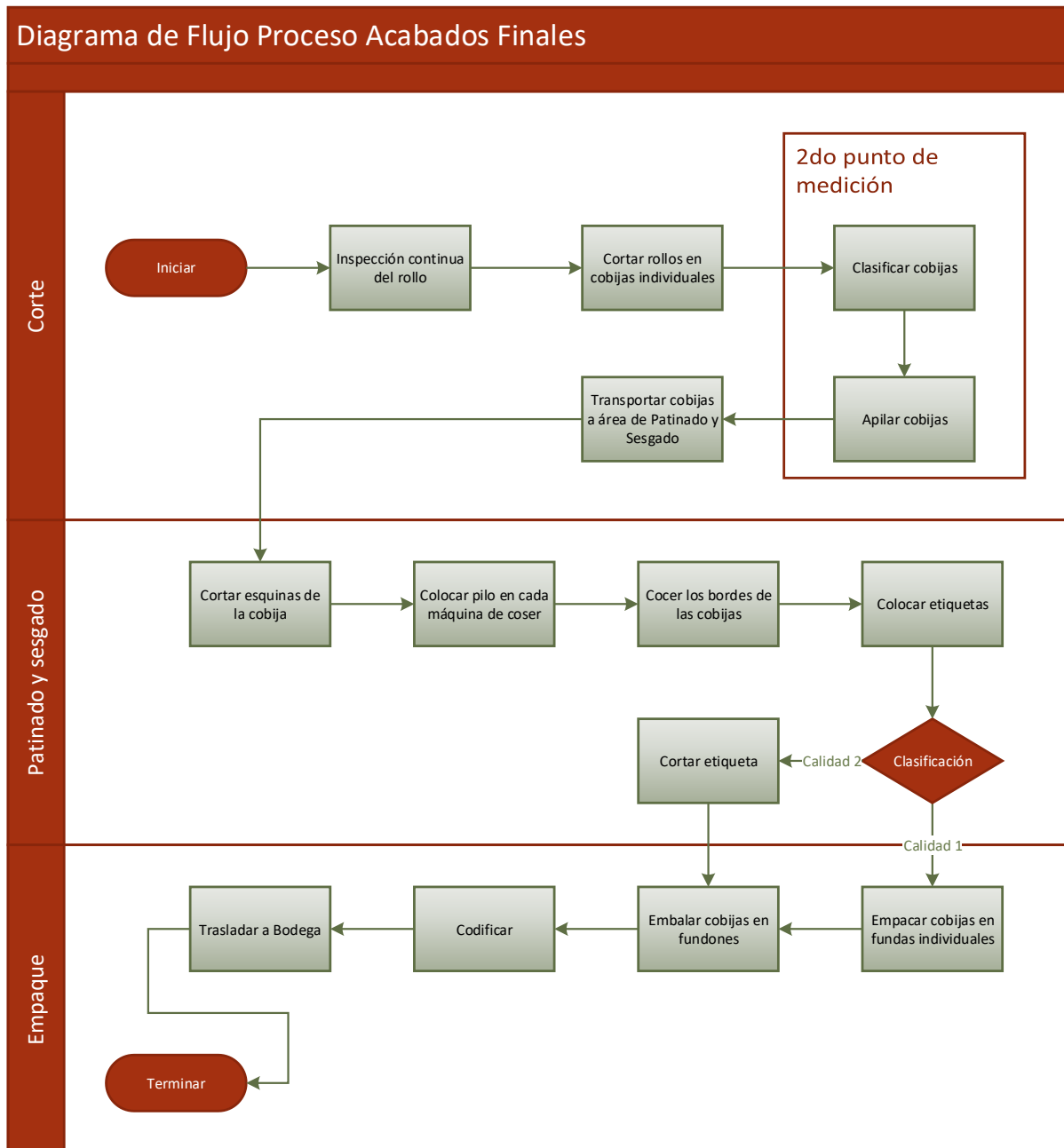


Figura 15 2do punto de medición. Acabados Finales

6.2.1. Primer Punto de Medición

El primer punto de medición fue definido con base a los datos históricos de fallas de calidad de falta de hilo ya que este punto se encuentra justo después de que el rollo es tejido y cortado. En este punto el operario toma un rollo de la familia tigres que ya pasó por la guillotina y lo coloca en la mesa de revisión, ilustrada en el Anexo 4, enciende la máquina y revisa el

total del rollo mientras este pasa por rodillos a velocidad constante. Cuando se encuentra una falla de hilo se anota el tipo de falla, el largo y se cose en caso de ser necesario. Por lo tanto, en este punto de control de calidad permite fácil acceso a un monitoreo de los rollos y por lo tanto una recolección adecuada de datos. Para esto se planificó utilizar herramientas complementarias como un metro y un cronómetro, esto con el objetivo de medir el largo de cada falla y el tiempo que le toma al operario corregirla. Además, se quiso determinar mediante una carta de control C para atributos la cantidad de defectos por unidad inspeccionada y de esta forma obtener una idea de la capacidad del proceso de tejido. Se utilizó la carta C debido a que esta nos permite aglomerar diferentes fallas en cuanto a magnitud y tipo que se pueden producir durante este proceso.

El siguiente paso fue determinar la unidad de medición y el tamaño de muestra, según Montgomery, la unidad de medición y el tamaño de muestra deben ser seleccionados en base a factores operacionales y la simplicidad en la toma de datos (2013). Por lo tanto, debido a que en este punto se tiene un rollo de tela continuo se tomó como unidad de medición a un largo de 24 metros ya que esto representa 10 cobijas Tigre de un tamaño de 2.4 metros.

A continuación, se resume el primer punto de medición mediante la herramienta 4W y 1H en la Tabla 2.

Tabla 2. 4W y 1 H Primer punto de medición

Dónde	Mesa de revisión, área de tejido
Cuando	Desde el 7 febrero hasta el 1 marzo.
Que	Cm con fallas cada 24 metros.
Quién	Operario y tesisas
Como	Observación del paso continuo del rollo y un metro.

El tamaño de muestras a recolectarse fue estimado con base en la literatura en donde se menciona que el número aceptable se encuentra por encima de 30 muestras ya que se minimiza el error tipo II y se permite obtener una representación real del proceso (Montgomery, 2013), en base la alta frecuencia de producción se tomaron 34 muestras, de esta forma aumentó la potencia de la prueba. Finalmente, no se tomaron en consideración los primeros ni los últimos 5 metros de cada rollo debido a que estos siempre son desecho debido a la naturaleza del proceso.

6.2.1.1. Resultados primer punto de medición

Una vez que los datos fueron recolectados se procedió a obtener los resultados de la medición. Para el primer punto establecido se obtuvo la muestra completa de datos tomados a lo largo de tres semanas de acuerdo a las ventanas de tiempo disponibles. A partir de esta toma de datos en el área de tejido, se pudo realizar la carta C con la ayuda del software Minitab 18. La carta C realizada se muestra en la Figura 16.

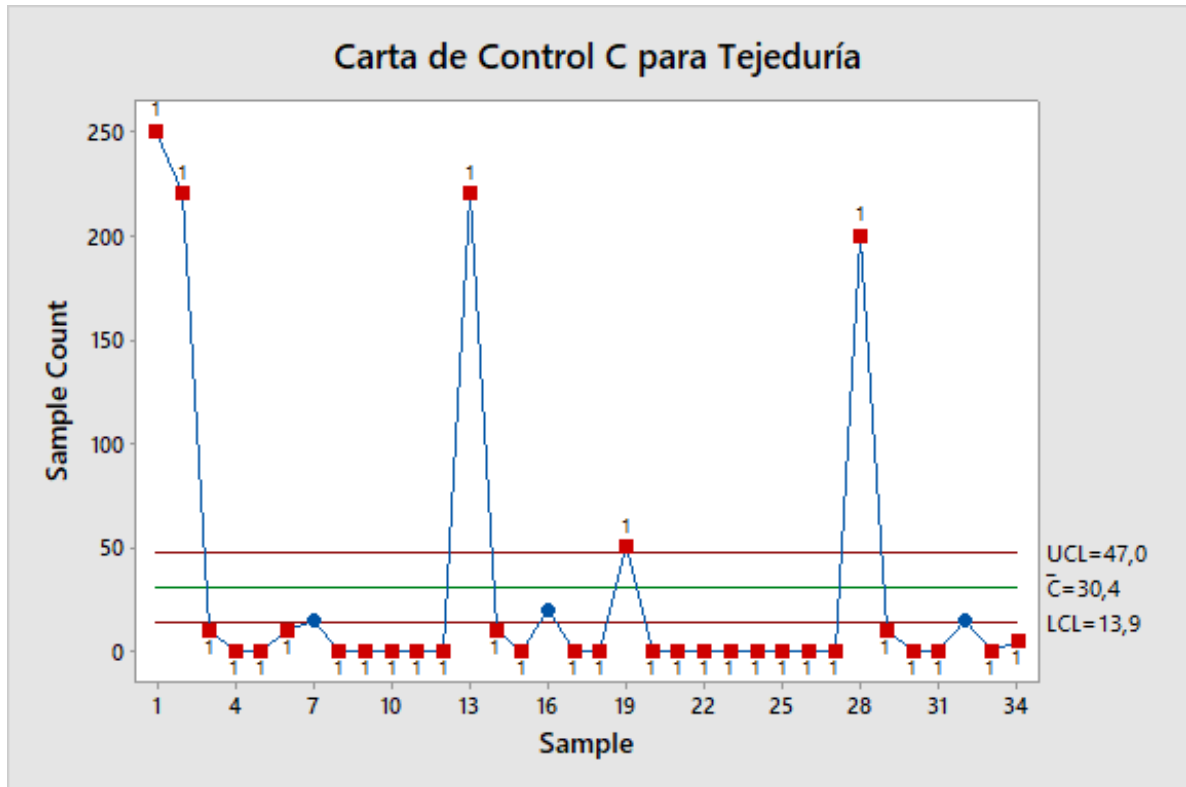


Figura 16 Carta de Control C para Tejeduría

Dentro de cada unidad de medición puede existir más de una falla y estas fallas pueden ser de diferentes largos, por lo que se sumó el total de centímetros con falla de cada 24 metros de tela para realizar la carta de control C.

En esta carta se puede observar que la media de defectos por unidad se encuentra en 30.4, lo que quiere decir que, de cada 24 metros, en promedio se deberían encontrar 30.4 centímetros con falla. Esta carta nos sirve para identificar los puntos por encima del límite superior de control. Estos puntos son indeseables ya que significa que en 2 metros se encontraron más de 47 centímetros con fallas y se dan por causas asignables, mientras que los puntos por debajo del límite inferior de control representan que la máquina está funcionando perfectamente y que no se han dado fallas en ese lapso de producción.

Se puede observar que hay puntos muy por fuera del límite superior de control lo que quiere decir el proceso no se encuentra bajo control y que se producen fallas graves que afectan la calidad del rollo de tela.

6.2.2. Segundo punto de medición

El segundo punto de medición definido fue en el proceso de confección, inmediatamente después de que los operarios de corte separan las cobijas de clase A y B. Se decidió determinar la proporción de las unidades que no cumplen el estándar especificado en una o más características de la calidad, de esta forma cuantificar la relación entre unidades clase A y B. Por lo tanto, dado que se está tratando con atributos y se quiere visualizar esta proporción, utilizar una carta P es lo adecuado para entender el comportamiento del proceso en relación con las unidades tipo B.

En este punto las herramientas utilizadas fueron un checklist y un metro, además realizar un estudio del método para confirmar su validez ya que esta auditoría sería realizada por los tesistas.

A continuación, se resume el primer punto de medición mediante la herramienta 4W y 1H en la Tabla 3 .

Tabla 3. 4W y 1H Segundo punto de medición

Dónde	Área de confección
Cuando	Desde el 7 febrero hasta el 1 marzo.
Que	Número de cobijas con falla/s
Quién	Tesistas
Como	Abriendo las cobijas en el piso y verificando mediante checklist y un metro.

Se definió que cada unidad de medida sería un lote completo y dentro de cada lote se calculó el tamaño de muestra utilizando la ecuación de proporciones para poblaciones de tamaño finito que se muestra a continuación:

$$n_0 = \frac{P(1 - P) * Z_{\alpha}^2 * N}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * P(1 - P)}$$

Ecuación 2

En donde P es la proporción esperada la cual se definió en 4% en base a datos históricos, Z es el nivel de confiabilidad el cual se definió en 95% dado que concluir con dicho nivel de confianza es aceptable para el estudio requerido, N es el tamaño total de la población objetivo el cual, en este caso es el tamaño de lote, y fue definido en 75 unidades promedio en base a los datos históricos de la empresa. Finalmente, e es la precisión definida por el investigador y se sitúa en 10% ya que con este porcentaje se asegura una precisión aceptable del sistema de medición, además de que permite una cantidad aceptable de cobijas por lote. A continuación, se muestran los cálculos realizados:

$$n_0 = \frac{0,04(0,96) * 1,96^2 * 75}{0,1^2 * (74) + 1,96^2 * 0,04(0,96)}$$

$$n_0 = 12,46$$

Se obtuvo un tamaño de muestra de $12.46 \approx 13$ cobijas por lote. Se seleccionó una frecuencia de muestreo de lotes de acuerdo a la rapidez de la producción y la disponibilidad de los mismos para su inspección y se inspeccionaron todos los lotes disponibles para la durante las horas de investigación, tomando en cuenta que se necesitaban un número mínimo de 25 subgrupos (Montgomery, 2013).

6.2.2.1. Gage R&R

Para confirmar la validez del método de medición se llevó a cabo un estudio que consistió en la revisión de cobijas en el punto de confección juntamente con un experto. Este proceso consistió en que cada uno de los implicados revise las 13 cobijas de cada lote en base al checklist desarrollado y anotar el tipo de cobija según su calidad. Los datos recolectados se presentan en la Tabla 44 a continuación:

Tabla 4 Datos Recolectados Estudio Gage R&R

Experto	Operario 1	Operario 2
b	a	a
b	b	b
b	b	b
a	a	a
b	a	a
b	b	b
a	a	a
b	b	b
b	b	b
b	b	b
a	a	a
b	b	b
b	a	a

Mediante este estudio se desea calcular la exactitud y reproducibilidad del método. Para la exactitud se determina el número de veces que el experto y el operador 1 y 2 acertaron en la medición y se determina el porcentaje en relación con el total de mediciones. Para los dos operadores se obtuvo una exactitud del 77%.

Para calcular la reproducibilidad del método se determina el número de veces en que los dos operadores acertaron entre sí en la clasificación. Se obtuvo que la reproducibilidad de la medición fue del 100% lo que quiere decir que el método es capaz de ser replicable y entregar resultados confiables. Finalmente, en base a los resultados obtenidos se concluyó que el método de medición es válido y se pudo realizar la toma de datos.

6.2.2.2. Resultados segundo punto de medición.

Para este punto de medición, en un periodo de dos semanas, se obtuvo una muestra de 40 lotes representados como subgrupos racionales en la carta de control, estos datos se muestran en el Anexo 10. Se procedió a realizar la carta de control P con la ayuda del software Minitab 18. La carta P se muestra a continuación:

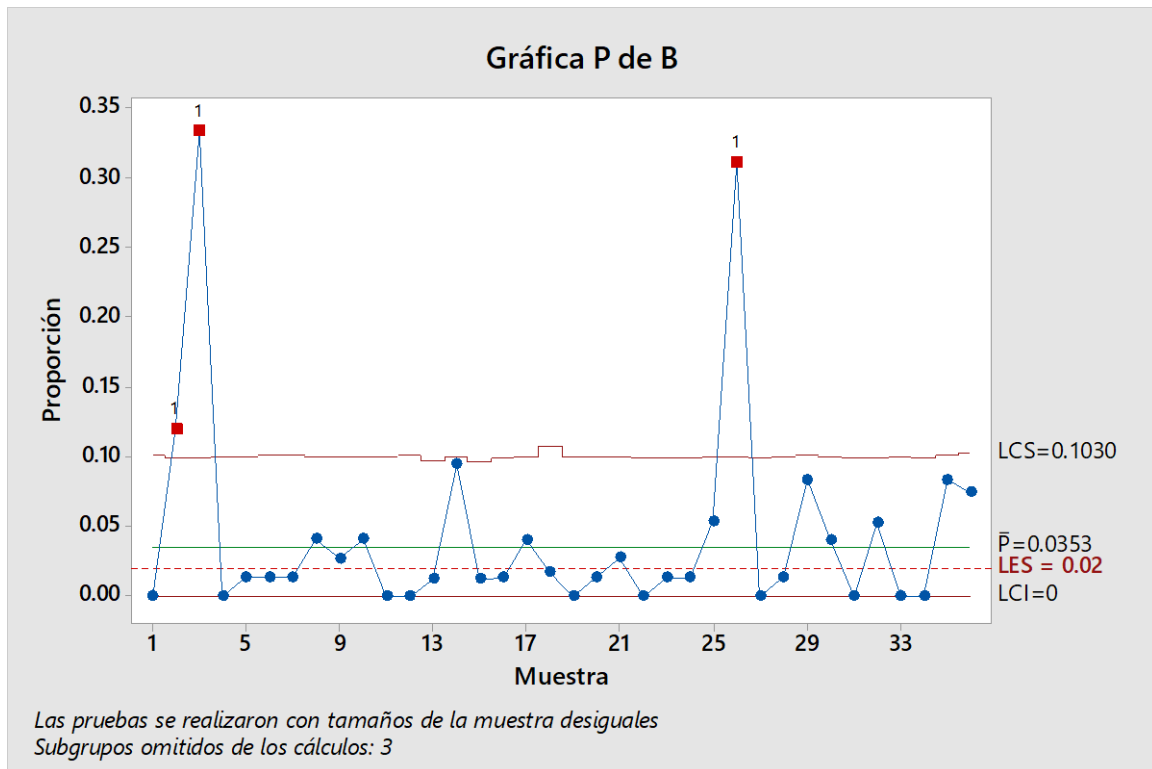


Figura 17 Carta de Control P para Confección

En la carta de control P se puede observar que la media se encuentra en 0.0438, lo que quiere decir que 4.38%, 4 cobijas se clasifican como de segunda calidad por cada lote de 75 unidades. La empresa tiene como objetivo lograr máximo 2% del total del lote como cobijas clasificadas como tipo B, por lo que este se convierte en el límite de especificación superior (LES).

En la carta de control P se puede observar que el límite superior de control es variable, esto debido a que en algunos lotes de cobijas se tenía menos cobijas que en otros ya que se clasifican algunas cobijas como retazos. Además, se puede observar que la media se encuentra en 0.0371, lo que quiere decir que 3.71%, cerca de 3 cobijas se clasifican como de segunda calidad por cada lote de 75 unidades. La empresa tiene como objetivo lograr máximo 2% del total del lote como cobijas clasificadas como tipo B, por lo que este se convierte en el límite de especificación superior.

En la carta se observa que los puntos 2, 3 y 26 se encuentran por fuera de los límites de control calculados lo que quiere decir que el proceso no se encuentra bajo control. El punto 3 tiene un total de 9 unidades como de segunda calidad en donde 4 se dieron por manchas, 3 por mal cuadro y 2 por manchas de máquina. El punto 2 tiene un total de 25 cobijas de segunda calidad en donde todas se dieron por manchas. Finalmente, el punto 26 tiene 23 cobijas de segunda calidad y se dieron por color o diseño.

Además, de la carta de control se desarrolló un análisis de capacidad de proceso en el cual se puede identificar cuantitativamente su capacidad. El análisis se muestra en la Figura 18

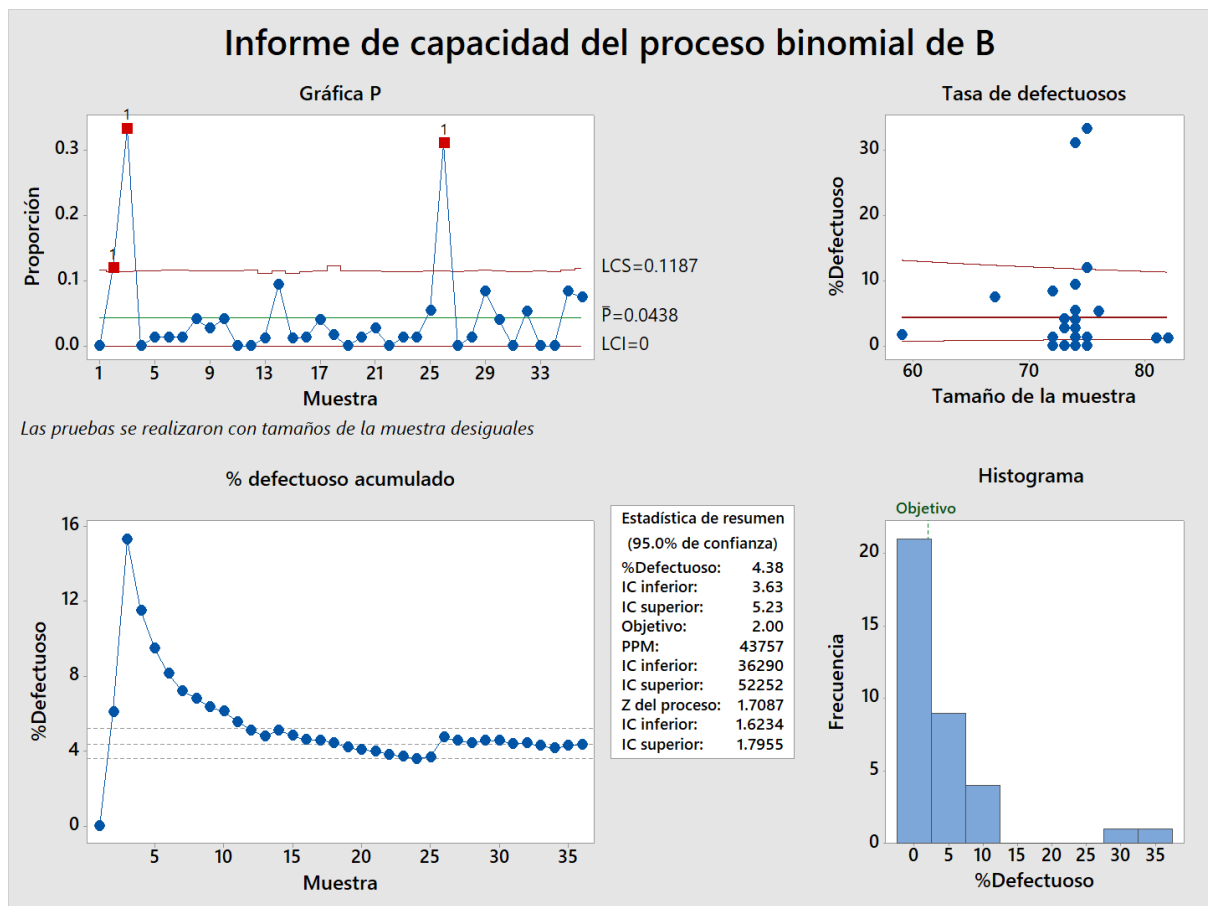


Figura 18 Informe de Capacidad del Proceso

Mediante la gráfica se puede concluir que se esperaría que de cada millón de cobijas 5 tigres se tengan 43757 cobijas de segunda calidad basándonos en el PPM que corresponde al 4,38%. En base al PPM y la Tabla del Proceso Abreviado de Conversión Sigma se obtiene un nivel sigma de 3.21. El valor mínimo de Z para considerar un proceso capaz es 2 (Minitab, 2018), mientras que para este proceso este valor es de 1.7, por lo tanto, se puede considerar que el proceso no es capaz.

7. FASE ANALIZAR

En esta fase se quiere identificar las causas raíces de los problemas de calidad y determinar cuáles son aquellos problemas que se presentan con más frecuencia o que más impacto tienen, se quiere saber también dónde, cuándo y cómo se presentan estas causas (Mast & Lokkerbol, 2012). En base a los datos recolectados en el periodo de medición llevado a cabo en febrero del 2019, se procede a explorar los datos con el fin de llegar a establecer causas raíces a los problemas encontrados. Para esto se utilizó el Diagrama de Pareto en donde se prioriza el enfoque, el diagrama de Ishikawa en base a entrevistas personales, encuestas a operadores y supervisores, la herramienta 5 porqués para encontrar causas raíces de las principales fallas y pruebas de hipótesis para comparar situaciones en base a diferencias estadísticas.

7.1. Diagrama de Pareto de Fallas

Con los datos tomados en el segundo punto de medición, en el periodo de febrero del 2019, se decidió realizar un diagrama de Pareto de las fallas en cobijas clasificadas como tipo B. Esto con el objetivo de averiguar cuáles son los tipos de fallas que se producen actualmente y comparar con el histórico de las fallas. El diagrama elaborado se muestra a continuación:

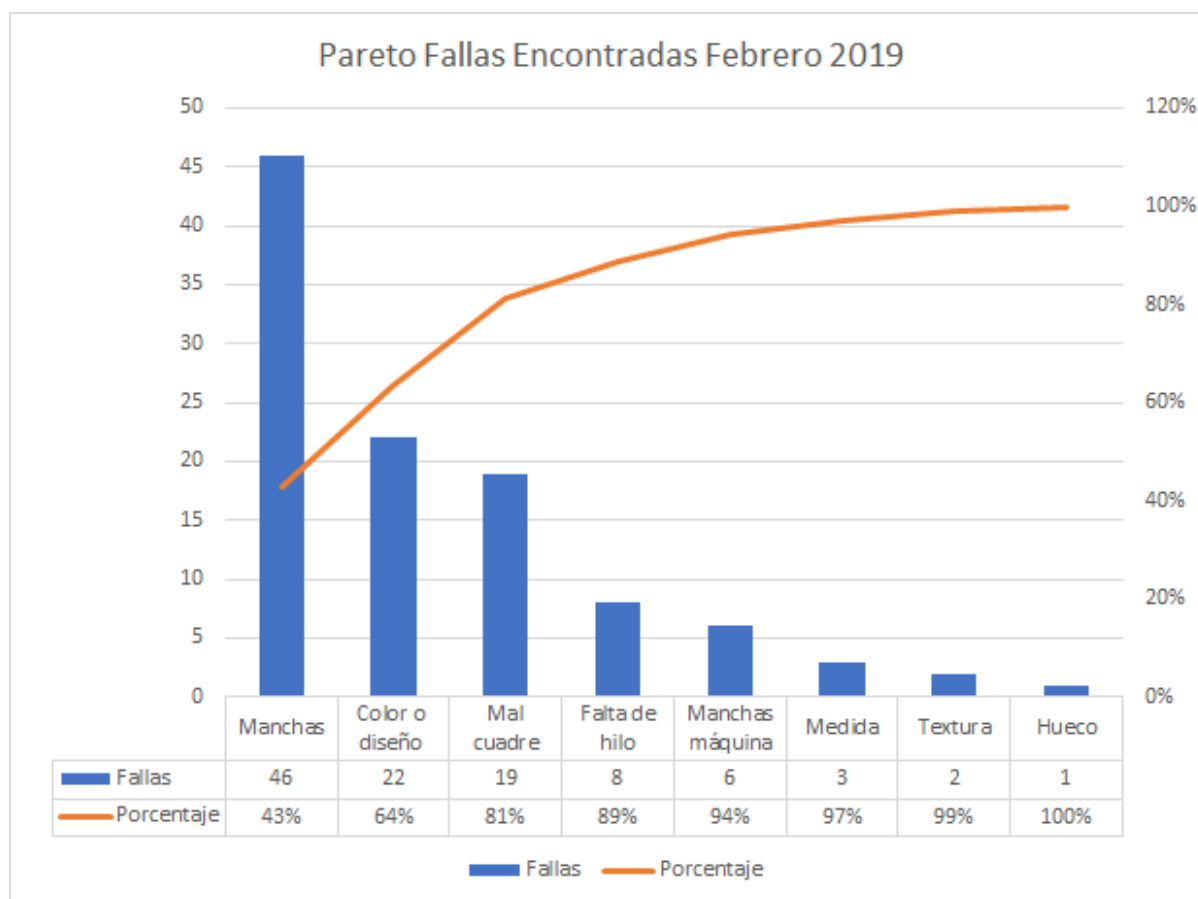


Figura 19 Diagrama de Pareto Fallas Periodo febrero 2019

En el diagrama se puede observar que los tres tipos de falla, *manchas*, *color o diseño* y *mal cuadro*, corresponden al 81% del total de fallas, siendo las *manchas* el principal contribuyente con un 43%. En comparación con el diagrama de Pareto (Figura 10) realizado con los datos históricos en el periodo de agosto 2017 a Julio 2018, en donde los tipos de fallas más frecuentes consisten en *manchas de estampación máquina*, *falta de un hilo* y *manchas de estampación Operador*. A partir de esto se puede decir que las manchas siguen siendo la principal falla presente en las cobijas Tigre y por lo tanto se establecerá el enfoque en estos tipos de fallas.

7.2. Diagrama de Ishikawa

Para poder encontrar las causas raíces de los problemas encontrados es necesario utilizar herramientas como el diagrama de Ishikawa, este diagrama es una de las 7 magníficas

de la calidad, que permite organizar las causas potenciales a un problema y ha demostrado ser de gran utilidad para resolver problemas relacionados a la calidad. (Dogget, M. 2006)

Este diagrama se enfocó en encontrar causas raíces a los problemas de manchas de estampación, diseño y mal cuadro y se realizó en base a 3 fuentes de información: encuestas y entrevistas con los operarios del proceso de estampación, reunión con los jefes de planta y de estampación y, mediante la observación del proceso.

Para establecer los criterios que se muestran en el diagrama se utilizó la opinión del jefe de planta y del jefe de estampación, en forma de lluvias de ideas. Para complementar a esta lista generada en la reunión, se observó el proceso de estampado por un periodo de una semana del 4 al 8 de marzo.

Finalmente, para determinar cuáles serían las principales causas raíces para estos problemas se llevó a cabo una encuesta a los 10 operadores del área de estampado, en donde se mostró imágenes de fallas recolectadas en el periodo de medición y se pidió mencionar en base a su criterio la principal causa.

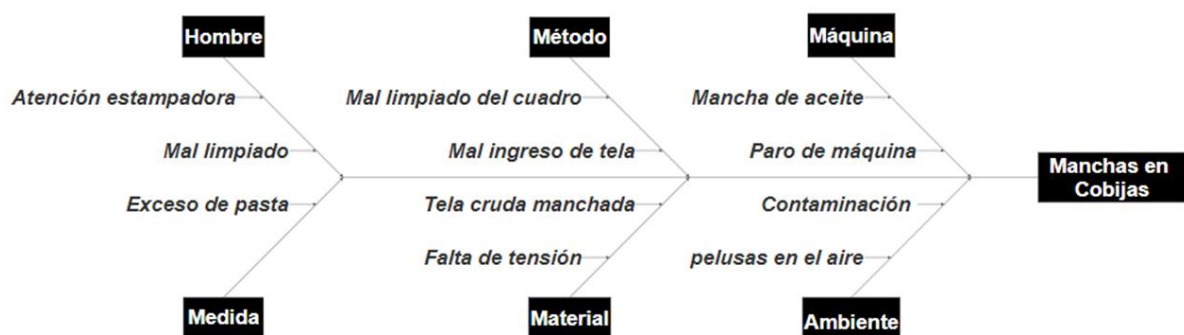


Figura 20 Diagrama de Ishikawa Manchas en Cobijas

En base a la frecuencia de respuesta que se muestra en la Figura 21, se obtuvo que las causas del problema de manchas en cobijas son: cuadro mal lavado, contaminación, exceso de pasta. En base a la reunión mantenida con los jefes de producción y estampación se mencionó

que existe falta de atención por parte de los operadores al momento en que se da un paro de la máquina.

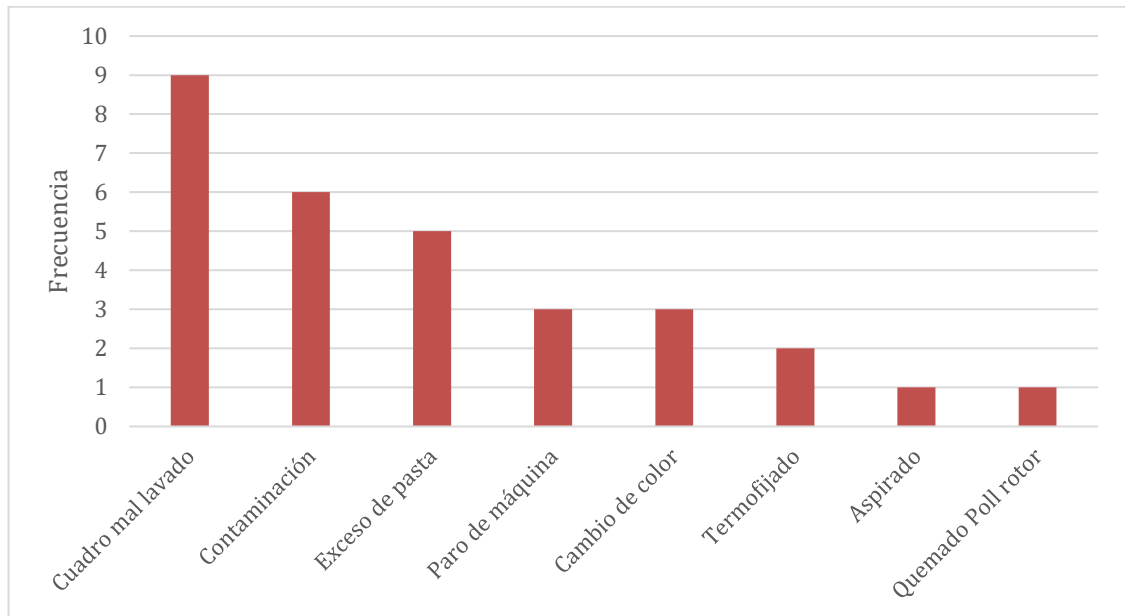


Figura 21 Histograma Encuestas Operarios

7.3. 5 ¿Por qué's?

Adicionalmente, con el objetivo de validar las causas raíces del problema de manchas obtenidas en el diagrama de Ishikawa se utilizó la herramienta denominada 5 ¿Por qué's?, en esta herramienta se realiza una serie de preguntas para investigar a profundidad el por qué se da una situación en específico.

Para esta etapa se decidió preguntar a los operadores ¿Por qué hay manchas en la cobija? a lo que estos respondieron que es porque la cobija se contamina, paso seguido se preguntó: ¿Por qué se contamina la cobija? y respondieron que en su mayoría se da por que el cuadro se encontraba sucio, a continuación se preguntó: ¿Por qué el cuadro estaba sucio? y respondieron que porque el cuadro se encontraba mal limpiado, se preguntó finalmente ¿Por qué el cuadro estaba mal limpiado? y respondieron que no se puede limpiar el cuadro ya que

toma demasiado tiempo sacarlo de su sitio y trasladarlo hacia el área de lavado y por lo tanto solo lo aspiran en su sitio y se coloca la siguiente pasta para continuar con el proceso.

En base al diagrama de Ishikawa y los resultados de la herramienta 5 ¿Por qué's?, se considera que el método ineficiente de limpieza de cuadros y el operario descuidado son las causas raíces en cuanto a manchas en las cobijas.

7.4.Pruebas de Hipótesis

Con el fin de analizar a mayor profundidad los datos recolectados se realizaron dos pruebas de hipótesis para comparar diferentes escenarios que se presentan en el proceso. La primera de estas pruebas se la realizó con el fin de determinar si el control de calidad realizado en el proceso de tejido sirve para reducir el número de cobijas de segunda calidad en base a los datos recolectados en los dos puntos de medición.

La segunda prueba de hipótesis se realizó para comparar estadísticamente la proporción de cobijas de segunda entre el turno de la noche y el turno del día, en base a los datos históricos del mes de febrero. Esto debido a que en la fase de medir se observó que los lotes con mayor cantidad de cobijas con fallas se encontraban estampados en el turno de la noche y, además, la gerencia suponía que al no tener supervisor, era donde más proporción de segundas se producía.

7.4.1. Prueba de Hipótesis para diferencia de proporciones Control de Calidad Tejido

Se realizó una prueba de hipótesis en la que se compara la proporción de cobijas con falla corregidas en el control de calidad en el área de tejido contra la proporción de cobijas con falla por falta de un hilo en la auditoría final. Esto con el objetivo de determinar si la corrección que se realiza en el control de calidad en realidad reduce la cantidad de cobijas clasificadas como de segunda calidad por motivos de faltas de hilo. Para esto se plantea la hipótesis nula, en la cual se sugiere que las proporciones de cobijas de segunda son iguales en los dos puntos de

medición y la hipótesis alternativa que propone que las proporciones de cobijas con falla son diferentes. La proporción se representa con el estimador \hat{p} .

$$H_0: \widehat{p1} - \widehat{p2} = 0$$

$$H_a: \widehat{p1} - \widehat{p2} \neq 0$$

Según Lisa Sullivan, profesora de Bioestadística de la Universidad de Boston, se puede utilizar la Ecuación 3 en la que se obtiene un estadístico Z calculado que se compara con el estadístico Z del nivel de significancia escogido ya que se considera que la diferencia de las proporciones en estudio sigue una distribución normal siempre y cuando se cumplan con dos supuestos, el primero que los datos sean tomados de manera aleatoria y el segundo que existan más de 5 datos equivalentes a cada una de las posibilidades (S.F.). Ya que estos dos supuestos se cumplieron se realizan los cálculos, basados en los datos mostrados en el Anexo 9

$$Z = \frac{\widehat{p1} - \widehat{p2}}{\sqrt{\hat{p} * \hat{q} * \left(\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2}\right)}}$$

Ecuación 3

Donde:

\hat{p}_i : Proporción de cobijas B en el punto de medición i

n_i : número total de cobijas analizadas en el punto de medición i

Se calcula el valor para P de la siguiente manera:

$$\hat{P} = \frac{x1 + \widehat{x2}}{n1 + n2}$$

Ecuación 4

Donde:

x_i : Número de cobijas B en el punto de medición i

Reemplazando los valores en la Ecuación 4 se obtiene:

$$\hat{p} = \frac{15 + 8}{816 + 494}$$

$$\hat{p} = 0.018$$

Se reemplaza en la Ecuación 3 con los valores para \hat{p}_1 , \hat{p}_2 , n_1 y n_2 ; y se obtiene:

$$Z = \frac{0.018 - 0.016}{\sqrt{0.018 * 0.982 * \left(\frac{1}{816} + \frac{1}{494}\right)}}$$

$$Z = 0.292$$

Se compara este estadístico con el estadístico Z para el nivel de significancia del 5% escogido que es igual a 1,96. Entonces:

$$-1,96 < 0.292 < 1,96$$

Ya que el valor se encuentra en el intervalo no se rechaza la hipótesis nula; por lo que se concluye con un 95% de confianza que las correcciones en el control de calidad de tejido no tienen un efecto ya que existe la misma proporción de cobijas con falta de hilo en los dos puntos de medición.

7.4.2. Prueba de Hipótesis para diferencia de proporciones Turno Día y Noche.

Se realizó otra prueba de hipótesis de comparación de proporciones entre el turno de la noche con el turno del día, en base a los datos históricos del mes de febrero. Se planteó realizar

esta comparación debido a sugerencias de los jefes de planta en donde mencionan que tenían como hipótesis que se producía un número mayor de cobijas de segunda en el turno de la noche.

$$H_0: \widehat{p}_1 - \widehat{p}_2 = 0$$

$$H_a: \widehat{p}_1 - \widehat{p}_2 \neq 0$$

Por lo tanto, se planteó como objetivo determinar si el turno de la noche tiene una proporción diferente que el turno del día y se utilizó el mismo procedimiento realizado para la primera prueba de hipótesis ya que se concluyó que se tenía los mismos supuestos. Se calculó el estimador para la proporción media utilizando la Ecuación 4:

$$\widehat{P} = \frac{19 + 63}{776 + 1509}$$

$$\widehat{P} = 0.036$$

Se obtuvo que el estimador de la proporción media es de 0.036 que a continuación se reemplaza los valores en la Ecuación 3

$$Z = \frac{\widehat{p}_1 - \widehat{p}_2}{\sqrt{\widehat{p} * \widehat{q} * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$Z = \frac{0.0245 - 0.0417}{\sqrt{0.036 * 0.964 * \left(\frac{1}{776} + \frac{1}{1509}\right)}}$$

$$Z = -2.101$$

Al obtener un valor del estadístico Z de -2.101 y no encontrarse dentro del intervalo para el nivel de confianza establecido ($-1.96 \leq Z \leq 1.96$). Se concluye que se rechaza hipótesis nula con un 95% de confianza lo que significa que existe una proporción diferente de cobijas

de segunda en el turno del día que, en el turno de la noche, siendo el turno de la noche el que más cantidad de fallas genera.

7.5. Conclusiones de la fase de Análisis

Finalmente se puede concluir en base a las herramientas utilizadas que: según el diagrama de Pareto el 81% de las fallas se clasifican en manchas, diseño y mal cuadro. En base al diagrama de Ishikawa y el análisis de los 5 ¿Por qué's?, la falta de atención y el mal lavado por parte de los operadores, el método de lavado ineficiente y los paros de máquina son las causas raíces a estos problemas relacionados con las fallas principales del Diagrama de Pareto. Además, las fallas se producen en mayor proporción en el turno de la noche que en el turno del día. Finalmente, las correcciones a las faltas de hilo en el control de calidad del área de tejido no reducen la proporción de cobijas de segunda en la auditoría final, lo que significa que no tienen ningún efecto.

8. FASE MEJORAR

En esta fase se debe considerar la información necesaria para crear y desarrollar un plan de acción con el objetivo de mejorar el funcionamiento actual del problema o los problemas encontrados. Por motivos de tiempo y alcance no se van a aplicar las mejoras en su totalidad, pero se implementarán “quick wins” o mejoras de corto alcance que permitan confirmar la validez y exactitud del trabajo analítico, además se planteará propuestas a corto, mediano y largo plazo para que la empresa considere pertinente realizarlas.

8.1. Mejoras a corto plazo

En el corto plazo se consideraron mejoras que no sean costosas y que puedan ser aplicadas de manera rápida, sin que los procesos de la empresa se vean afectados de manera significativa y que tengan un impacto medio en la reducción de cobijas con falla.

Dentro del estudio se consideraron al nuevo proceso de cambio de cuadros en la estampadora, además de un estandarizado de lavado de cuadros y aplicación de herramientas lean en el área.

8.1.1. Proceso de Cambio de Cuadros en Estampadora

De acuerdo con la fase de análisis, se concluyó que las manchas son la principal falla que se presenta en las cobijas que son clasificadas como de segunda calidad. Por esto se planteó la propuesta de implementar un nuevo proceso para el cambio color en la estampadora ya que en este proceso es en donde se producen la mayor cantidad de manchas por el cuadro sucio.

Este proceso se lo realiza actualmente para las cobijas de la Familia Tigre cuando no se tienen que cambiar de diseño sino solo de color y se lo realiza en dos etapas, la primera para el cambio de color en el cuadro Base y la segunda para el cambio de color en el cuadro Fondo. El proceso se muestra mediante un diagrama de flujo en la Figura 22.

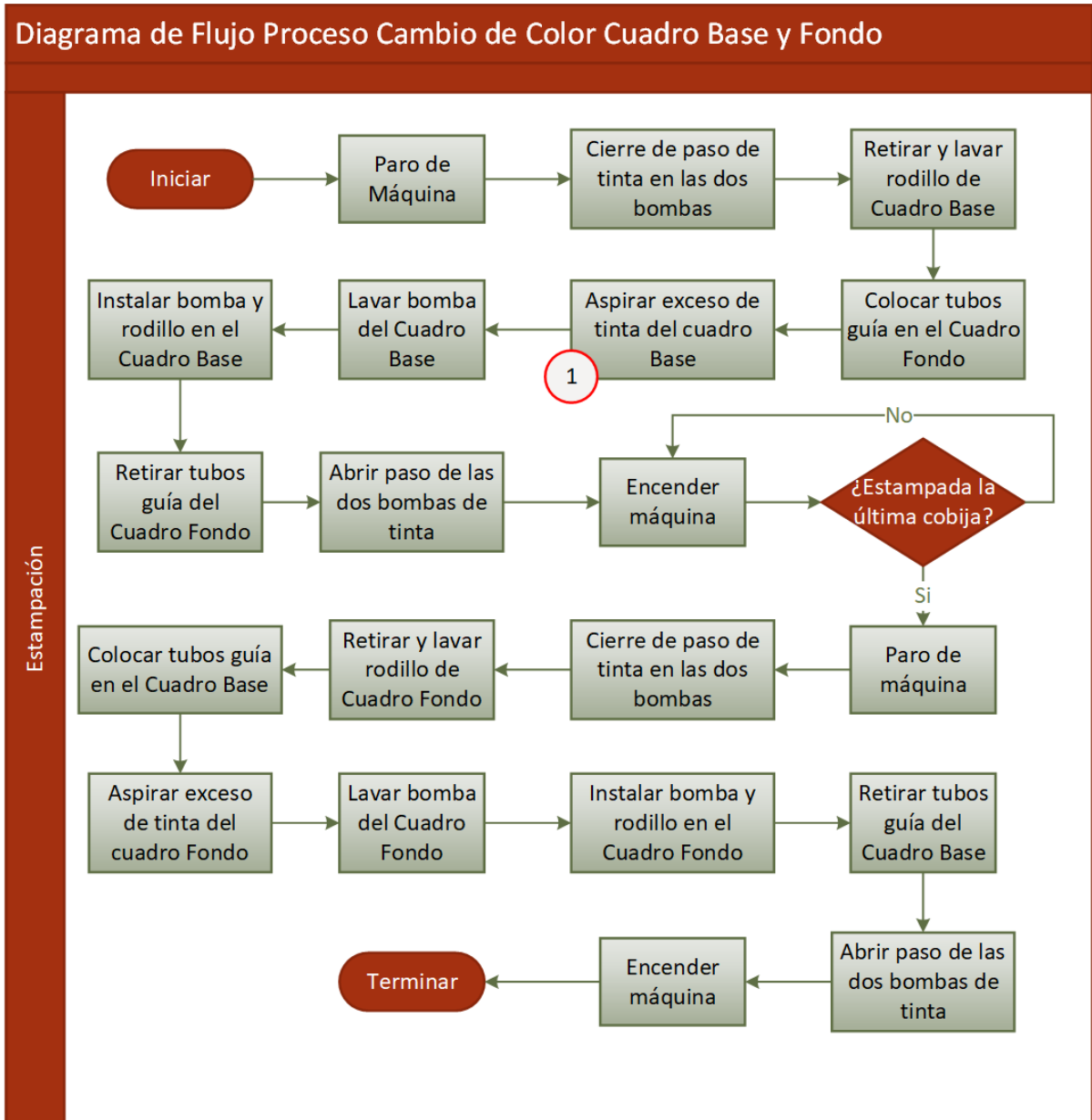


Figura 22 Diagrama de Flujo Cambio de Color As Is

Se puede observar en el diagrama de flujo, en el punto 1, que no se realiza un lavado de cuadros cuando se tiene que realizar un cambio de color, solo se realiza una limpieza del cuadro por medio de una aspiradora que recoge el exceso de color que se queda impregnado en el cuadro. No se realiza una limpieza profunda del cuadro debido a que el cambio de color tomaría aproximadamente media hora ya que se tendría que retirar los cuadros, trasladarlos hacia el área de lavado, lavarlos, secarlos y volver a colocarlos en la máquina estamadora. Por

tal motivo, y considerando que no se dispone de tiempo adicional para realizar este cambio se propone instalar dos cuadros más, uno de *Fondo* y uno de *Base* al comienzo del turno, para tener un total de cuatro cuadros. Los cuadros extra serán utilizados en el momento en que se tenga que realizar el cambio de color. Se realizará el mismo proceso hasta el aspirado del cuadro y en lugar de utilizar el mismo cuadro, se lo retirará de la máquina y se lo llevará al área de lavado, se ajustará el cuadro nuevo que ya fue previamente instalado y se procederá a instalar la bomba con la tinta en el este cuadro. Se procederá de la misma forma con el otro cuadro. El nuevo proceso mejorado se presenta a continuación en la Figura 23.

Diagrama de Flujo Proceso Cambio de Color Cuadro Base y Fondo

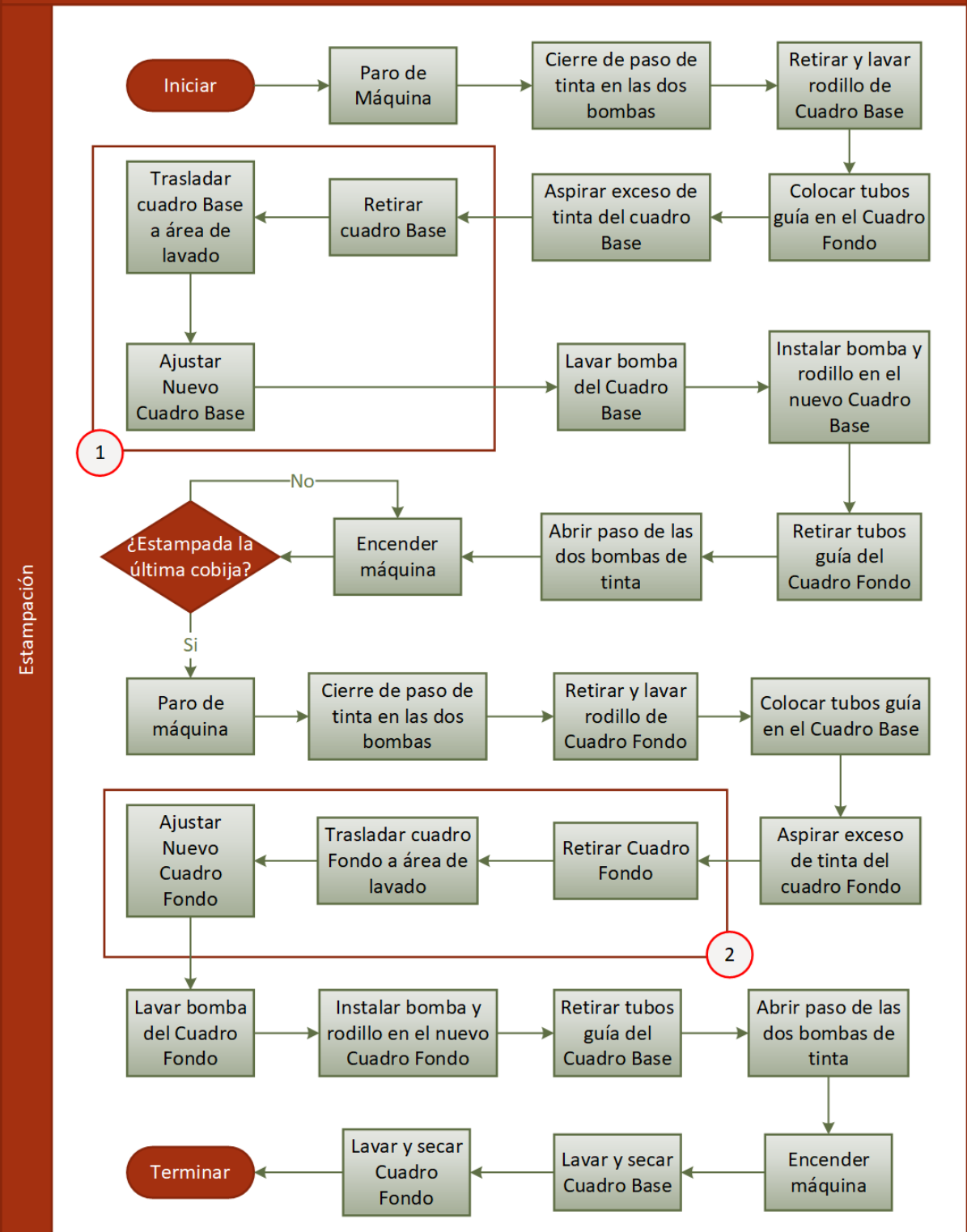


Figura 23 Diagrama de Flujo Cambio de Color To Be

Como se puede observar en el diagrama de flujo To Be, esta mejora en el proceso de cambio de color aumentaría 6 actividades en total, se espera que este incremento de actividades no aumente el tiempo de cambio más de 5 minutos.

Además del nuevo proceso para el cambio de color, se considera necesario estandarizar el proceso de lavado de cuadros con el fin de evitar que los cuadros permanezcan contaminados y puedan manchar a las cobijas. Para esto se necesita seguir el siguiente proceso: transportar los cuadros hacia el área de lavado, enjuagar el cuadro 2 veces comenzando desde la parte superior del mismo en forma horizontal y hacia abajo, dejar secar completamente en la zona designada.

Con esta mejora se espera que no se produzcan lotes de cobijas con manchas en varias unidades. Esto brindaría una reducción esperada del 0.85% en la proporción de las cobijas clasificadas como de segunda en la auditoría final.

Este supuesto es necesario para realizar el análisis de costo beneficio mostrado a continuación, necesario para obtener apoyo de la gerencia en la implementación de esta mejora.

8.1.1.1. Costo - Beneficio

Con las mejoras propuestas a corto plazo se realizó un análisis costo beneficio en el cual se busca identificar que las ganancias al implementar el nuevo cambio de cuadros, la estandarización del método del lavado va a ser superiores al costo de implementarlas.

La inversión necesaria para la implementación de las mejoras es de \$640 para la compra de cuadros y el cuarto de limpieza como se muestra a continuación:

Tabla 5 Costos de Inversión

	Costo Unitario	Unidades	Costo Total
Cuadros extra	\$ 250.00	2	\$ 500.00
Focos	\$ 20.00	2	\$ 40.00
Adecuaciones	\$ 100.00	1	\$ 100.00
		Inversión total	\$ 640.00

Por otro lado, se realizó el análisis del beneficio que podría impactar las mejoras propuestas. Se utilizó el costo de producción de las cobijas Tigre en donde se incluye los costos complementarios como son la funda, etiqueta, maquila, sesgado y otros los cuales fueron proporcionados por THC:

Tabla 6 Costos de Producción

Costo unitario de producción	funda	Etiqueta	Maquila	sesgado	Otros	Costo Tigres total
\$ 5.02	\$ 0.03	\$ 0.01	\$ 0.21	\$ 0.17	\$ 0.28	\$ 5.72

Con el costo total de producción de la cobija de la familia Tigre se procedió a calcular la utilidad bruta por unidad. Se obtiene una utilidad bruta de \$1.41 para las unidades Tipo A y \$0.34 para las unidades Tipo B. Estos cálculos se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7 Utilidades Brutas Escenario 1.

	A	B
Costo	\$ 5.72	\$ 5.72
Precio	\$ 7.13	\$ 6.06
Utilidad Bruta por cobija	\$ 1.41	\$ 0.34

Se utilizó dos escenarios para comparar el beneficio, en el primero se consideró la proporción de cobijas tipo B obtenido en la fase de medir, el cual fue 4.38% y el segundo se consideró la proporción esperada al implementar las mejoras a corto plazo el cual se estimó en 3.53%. En base a la utilidad bruta por las cobijas para cada uno de los dos escenarios se

procedió a calcular la utilidad total y el beneficio esperado para un periodo de 18 meses de producción.

Tabla 8 Cálculo utilidades en dos escenarios en mejora cambio de color

PROPORCIÓN DE SEGUNDAS ESCENARIO ACTUAL	PRODUCCIÓN	NÚMERO DE TIPO A	NÚMERO DE TIPO B	UTILIDAD TOTAL
4.38%	269065	259.109	9.956	\$ 366,242.95
PROPORCIÓN DE SEGUNDAS ESCENARIO ESPERADO	PRODUCCIÓN	NÚMERO DE TIPO A	NÚMERO DE TIPO B	UTILIDAD TOTAL
3.53%	269065	259.567	9.498	\$ 368,688.27

BENEFICIO
\$ 2,445.32

Comparando las utilidades obtenidos para los dos escenarios se obtuvo un beneficio de \$2.445,32 en un periodo de 18 meses. Por lo tanto, al tener un beneficio mayor al costo se considera adecuado implementar esta mejora.

8.2. Mejoras a mediano plazo

En esta categoría se clasificaron las mejoras que podrán ser implementadas en el mediano o largo plazo debido a que se necesita un mayor tiempo de planificación o una mayor inversión. Con estas mejoras se espera llegar al nivel sigma deseado y, al mismo tiempo agregar valor a los procesos productivos de la cadena de la empresa THC.

8.2.1. Sistema Andon y Poka Yoke para máquina Estampadora

Esta herramienta de Lean Manufacturing es muy útil para plantas de producción cuya coordinación de acciones correctivas en una máquina sea realizada por un operador (Rivadeneira & Ligña, 2012).

Para controlar los descuidos de los operadores cuando se tiene un paro de la máquina se propone instar un sistema Andon en la máquina Tacome de estampado y se combine una señal visual con una señal sonora que informe de cualquier anomalía presentada.

Adicionalmente se propone complementar el sistema Andon con un sistema Poka Yoke. de paro que prevenga el derramamiento de tinta cuando exista un paro de la estampadora. Los sistemas que se proponen deberían funcionar de la siguiente manera: cuando la máquina Tacome falle o sufra un paro, sensores electromecánicos deben enviar una señal a una sirena y a un foco que indiquen el paro de la máquina inmediatamente y envíe una señal a las bombas dosificadoras de tinta para que el suministro de aire sea interrumpido y no puedan seguir distribuyendo tinta encima del cuadro.

De esta forma se advierte a los operarios para que puedan tomar acciones correctivas y se reduzcan las fallas producidas por la falta de atención de los estampadores como manchas por exceso de tinta o por paros de máquina.

8.2.1.1. Costo Beneficio Sistema Andon y Poka Yoke Estampadora

La instalación de estos sistemas se debería realizar por parte del equipo de mecánicos de la empresa, y solo se tendría que incurrir en una inversión de \$150, detallados en la Tabla 9.

Tabla 9 Inversión detallada Sistema Andon y Poka Yoke

Sistema	Descripción	Costo Unitario	Unidades	Costo Total
Andon	Bocina + controles	\$80.00	1	\$80.00
Poka-Yoke	Válvula + sensores + controlador + instalación	\$70.00	1	\$70.00
			Inversión total	\$150.00

Con la implementación de estas mejoras se espera una reducción de 1.1% adicional. Se realizó el mismo procedimiento para calcular el beneficio esperado calculando la utilidad bruta por las cobijas para cada uno de los dos escenarios y se obtuvo la utilidad total y el beneficio esperado para un periodo de 18 meses de producción.

Tabla 10 Cálculo utilidades en dos escenarios Sistema Andon y Poka Yoke

Proporción de segundas escenario actual	Producción	Número de tipo a	Número de tipo b	Utilidad total
3.53%	269065	259.109	9.956	\$368,688.27
Proporción de segundas escenario esperado	Producción	Número de tipo a	Número de tipo b	Utilidad total
2.43%	269065	259.567	9.498	\$371,852.79

Se obtuvo un beneficio de \$3,164.53 para un periodo de 18 meses. Por lo tanto, al obtener un beneficio mayor al costo de implementar la mejora se considera adecuado realizar la inversión.

8.3. Mejoras a largo plazo

8.3.1. Componente variable del sueldo.

El sistema de remuneración fija genera que los empleados se dejen de preocupar por los objetivos de la organización, ya que recibe un pago independientemente de su desempeño.

El aumento de salario se da de una manera departamental y no es una retribución en base al desempeño de un empleado. Este sistema no contempla un seguimiento de logro de objetivos por áreas, por ende, implementar un método eficiente de control es un reto muy grande. (Jaya & Hidalgo, 2015)

La retribución económica tiene estrecha relación con la motivación de los empleados y el cumplimiento de sus responsabilidades. Por lo que un componente variable dentro del salario de un empleado es una manera de alinear los objetivos de la organización con los esfuerzos del talento humano. (Jaya & Hidalgo, 2015)

La mejora que se propone es un plan de salarios en el que se registre el sueldo fijo que por normativas legales todo empleado debe recibir y un componente variable para conseguir un esfuerzo colectivo mediante la participación de los empleados en el mejoramiento de la calidad.

El componente variable de la remuneración deberá ser aplicado en base a resultados que se obtengan con respecto a la estrategia de la empresa. Para calcular esta remuneración se proponen dos indicadores:

1. Porcentaje total de cobijas de segunda calidad (%2das): Este indicador debe ser calculado dividiendo el total de cobijas producidas por un equipo de operarios en estampación con fallas para el número total de cobijas producidas por el mismo equipo de operarios.
2. Total de cobijas de primera calidad producidas: Ya que lo que se busca es una mejora integral en el área de estampación, se necesita controlar este indicador para asegurar que no se sacrifique la eficiencia por la reducción de fallas en las cobijas, sino que en el mismo tiempo y con los mismos recursos se realicen mayor cantidad de cobijas de primera calidad.

Este indicador se debe calcular sumando el total de cobijas sin fallas producidas por un equipo de operarios.

Al no relacionar ningún indicador con el turno de los empleados, lo que se busca es obtener los mismos resultados independientemente de los turnos de producción. Estos indicadores se deberían controlar mensualmente con el fin de comparar el avance del desempeño de los empleados y se deben establecer objetivos que sean retadores pero que puedan ser cumplidos por los operarios. Se propone establecer un objetivo del 1,8% para el (%2das) y como segundo objetivo que se cumpla con el 100% de la planificación de cobijas/mes. La política que se propone es dar una bonificación establecida por la gerencia dependiendo el cumplimiento de los objetivos planteados.

8.3.2. Estandarización de procesos

El valor generado por la estandarización de procesos se traduce en una empresa mejorando el rendimiento de los procesos. Cuando se habla de mejorar el rendimiento del proceso se habla de la reducción de tiempos, la reducción de costos, aumento en la satisfacción de los clientes y el aumento en la calidad, ya que se reducen los errores de procesamiento. Además de esto, la estandarización de procesos hace que la toma de mediciones del proceso sea más fácil y preciso. (Münsterman & Weitzel, 2008)

Las dimensiones en las que se debe trabajar para lograr una estandarización de procesos son la documentación de los procesos de una manera escrita y formal, los procesos modulares que se refiere a la división de procesos en pasos que sean representativos para los objetivos de la compañía, el enfoque en puntos específicos del proceso y el aseguramiento de la excelencia del proceso. (Münsterman & Weitzel, 2008)

Siguiendo los pasos para la estandarización de procesos en una empresa textil propuestos por Pérez Mérida, se propone implementar de la siguiente manera la estandarización de procesos en la empresa THC:

1. Involucrar al personal operativo: Al igual que la remuneración variable este paso es muy importante ya que se busca alinear a todos los operarios con los objetivos de la empresa y se escuche su punto de vista y estén motivados para lograr cumplir con los objetivos y se puedan adaptar a los cambios.

2. Investigar y determinar la mejor forma para alcanzar el objetivo del proceso: El objetivo de la estandarización de los procesos en el área de cobijas de la empresa THC es disminuir los defectos de calidad de las cobijas, aumentar la eficiencia general de la línea y reducir el riesgo generado por la dependencia de la experiencia de los operarios para el funcionamiento de los procesos. La mejor manera de alcanzar estos objetivos será trabajando en todas las dimensiones propuestas por Münsterman & Weitzel.

3. Documentar con fotos, diagramas, descripción breve: Una vez que todas las dimensiones del proceso estén adecuadamente identificadas y corregidas, se debe crear un manual con los procesos arquetipos que deberán ser implementados para lograr cumplir con el objetivo.

4. Capacitar y adiestrar al personal: Se debe educar a los operarios de manera activa para que logren comprender la importancia del proyecto y cumplan cabalmente con lo propuesto en el manual desarrollado, logrando así una homogenización de las operaciones y actividades de los procesos.

5. Implementar formalmente el estándar: Se debe crear una cultura y políticas organizacionales para que el proceso productivo se desarrolle sin ninguna excusa basado en el manual y los estándares establecidos.

6. Verificar los resultados: Se debe hacer un seguimiento a los indicadores del proceso para saber cómo ha impactado la implementación de los procesos estándar.

7. Si el resultado se apega al estándar, continuar la implementación, si no, analizar la brecha y tomar acción correctiva: Si la implementación ha impactado de la manera esperada en los indicadores del proceso, se puede continuar implementando de manera global en toda la línea de cobijas los nuevos procesos.

9. FASE CONTROLAR

El objetivo de DMAIC es lograr mejoras sustentables a lo largo del tiempo, por lo que los datos de los procesos donde las mejoras son implementados deben ser tomados y monitoreados por un periodo de tiempo aceptable (Kumar, et. al., 2016).

En esta fase se analizan los datos mediante gráficas de control y pruebas de hipótesis para poder determinar si las mejoras implementadas tuvieron o no un efecto y si este se mantiene. Sin embargo, por motivos de tiempo y causas externas del mercado que causaron que la producción de la empresa se vea afectada, esta fase no pudo ser llevada a cabo en su totalidad.

La mejora a corto plazo fue implementada y se realizó una corta etapa de control para verificar que esta tuvo validez en relación al objetivo de estudio, es decir, obtener una reducción en el porcentaje de cobijas de segunda calidad.

9.1. Control de mejora a corto plazo

A partir de la implementación de la mejora en el proceso de cambio de color en la familia Tigre, se tomó muestras durante dos días con el mismo procedimiento utilizado en el segundo punto de medición, es decir, en el área de confección y acabados finales se tomó muestras de trece cobijas por cada lote, obteniendo un total de nueve subgrupos. No se pudo realizar más mediciones por un paro de la producción debido a cambios en la demanda del mercado de cobijas Tigre. Con los datos tomados en esta medición se procedió a realizar una

carta de control P comparativa con los datos de la fase de medición y los datos tras la mejora implementada. En la Figura 24 se muestra la nueva carta P.

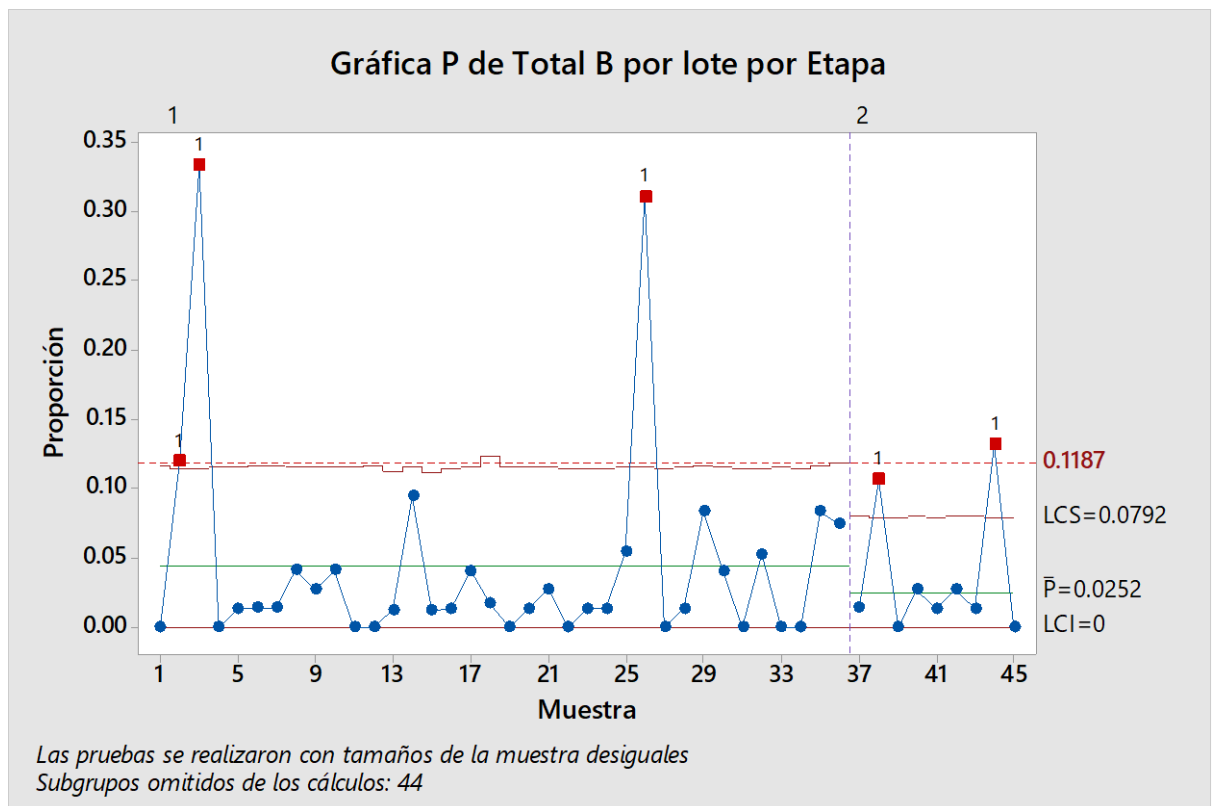


Figura 24 Carta P, Área de Acabados Finales Final

En la carta de control P, desde el punto 1 hasta el punto 36 son los datos del segundo punto de medición, es decir, antes de la mejora implementada. Desde el punto 37 en adelante se encuentran graficados los puntos medidos en la etapa de Control.

El punto 44 no se toma en cuenta para los cálculos de la carta de control debido a que se encontró una causa asignable ajena al proceso normal. Estas fallas se produjeron debido a la inexperiencia de los operarios, al momento de la instalación de la mejora. Los demás lotes se produjeron con la mejora en el cambio de color ya establecida y por lo tanto se utilizan para calcular los límites de control.

En esta carta se puede evidenciar que la media del proceso se redujo de 4.38% a 2.52%, lo que significa una disminución del 1.86%.

Adicionalmente se realizó un análisis de capacidad del proceso el cual se muestra en la Figura 25.

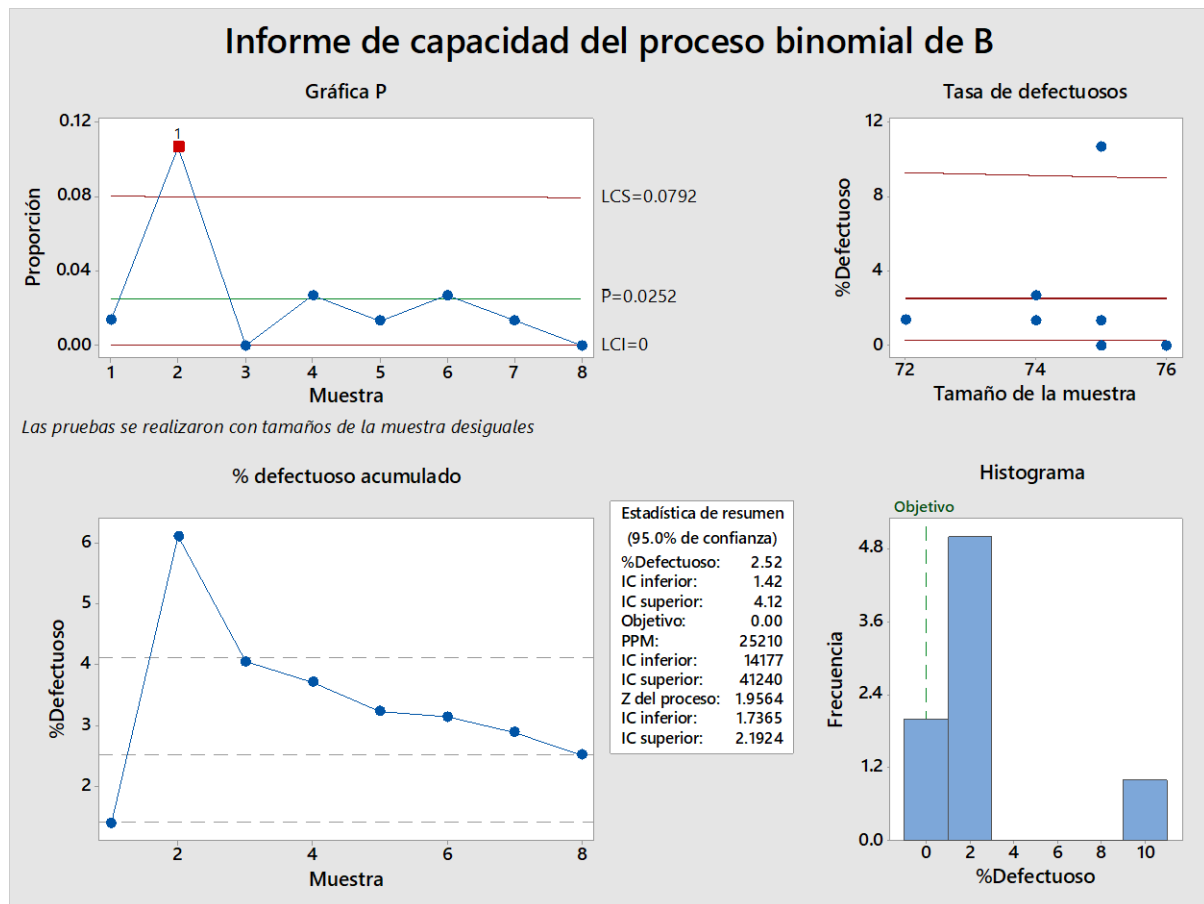


Figura 25 Análisis de capacidad de Proceso Final

En este análisis de capacidad del proceso se puede observar que, con un 95% de confianza, se producen 25210 cobijas de segunda calidad por millón de cobijas producidas. En el análisis de capacidad realizado antes de la mejora (Figura 18) se encontró que se producen 43757 cobijas de segunda calidad por millón de cobijas producidas. Esto representa una reducción de 18.547 unidades de segunda calidad. Además, el Z del proceso se sitúa en 1.956, muy cercano al Z crítico de 2, mediante lo cual se puede determinar que el proceso está cerca de ser considerado capaz.

9.1.1. Análisis de Beneficio

Se realizó un análisis para determinar el beneficio encontrado al aplicar esta mejora. Se procedió a comparar el escenario anterior vs el actual. Se utilizaron los costos detallados en la Tabla 7. Los cálculos se muestran a continuación.

Tabla 11 Utilidad encontrada

PROPORCIÓN DE TIPO B ANTES DE LA MEJORA	PRODUCCIÓN	NÚMERO DE TIPO A	NÚMERO DE TIPO B	UTILIDAD TOTAL
4.38%	269.065	259.109	9.956	\$ 366,242.95
PROPORCIÓN DE TIPO B DESPUÉS DE LA MEJORA	PRODUCCIÓN	NÚMERO DE TIPO A	NÚMERO DE TIPO B	UTILIDAD TOTAL
2.52%	269.065	262.284	6.780	\$371,593.88

Se obtuvo un beneficio calculado de \$5,350.93 para un periodo de 18 meses. Por lo tanto, se considera que la mejora implementada es adecuada.

10. CONCLUSIONES

- Este estudio se enfocó en el proceso de la familia de cobijas “Tigre” en la empresa THC. Se analizaron los datos históricos proporcionados por la empresa para evaluar el enfoque de estudio. Se determinó que la línea de cobijas es la que mayor porcentaje de devoluciones presenta, siendo este el 50,3% del total de las devoluciones. Dentro de la línea de cobijas existen 24 familias de productos de las cuales el 37% de la producción corresponde a la familia tigres por lo que el estudio tuvo este enfoque.
- Los parámetros de calidad definidos por la empresa, para la familia Tigre, se encuentran correctamente establecidos en base a la voz del cliente. Los parámetros de calidad críticos de las cobijas son la textura y el diseño. Esto se corroboró mediante encuestas a clientes.
- Se levantaron los tres procesos de producción de las cobijas de la familia Tigre en la empresa THC, y mediante herramientas como flujogramas e histogramas, se determinó que los procesos críticos de la cadena de valor referente a las fallas de calidad producidas son los procesos de tejeduría y estampación.
- Se midió la situación actual de los procesos tejeduría y estampación de la familia de cobijas Tigre, encontrando como resultado que las manchas, diseño, mal cuadro y faltas de hilo son las fallas más frecuentes dentro de las clasificadas como de segunda calidad.
- Se realizó un análisis de las causas raíz de los principales problemas relacionados con la calidad de la familia de cobijas Tigre en donde se encontró que la atención de los operadores en los cambios de color y el método de lavado de cuadros eran las principales causas de las fallas encontradas en la etapa de medición.
- En la etapa de mejorar se establecieron mejoras a corto, mediano y largo plazo en base a las causas raíz encontradas. Se planteó tomar acción inmediata en el proceso de cambio de cuadros al momento de realizar el cambio de color y el lavado de los mismos.

- En la etapa de control se realizó una comparación entre el estado anterior del proceso de estampado y el proceso actual con la mejora mediante una carta de control P en la que se encontró una reducción de 1.89% en la proporción de cobijas de segunda. Se obtuvo un beneficio de \$5,350.93 en un periodo de 18 meses con una inversión de aproximadamente \$640.
- Se proponen mejorar a mediano y largo plazo como implementar un nuevo sistema de remuneración con un componente variable, estandarización y documentación de procesos. Con estas mejoras se espera reducir aún más la incidencia de fallas de calidad, lo que mejoraría la utilidad de la empresa.
- Dentro de la línea de producción de cobijas fue posible la aplicación de la metodología DMAIC, ya que la misma tiene el potencial de ser efectiva como se puede evidenciar en el valor esperado de la mejora en el nivel sigma del proceso de estampado de 3.21 a 3.89, lo que quiere decir que se mejoraron los procesos para que estos se vuelvan más eficientes con el objetivo de obtener un mayor número de cobijas de primera calidad utilizando la misma cantidad de recursos al reducir el número de fallas.

11. LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. Limitaciones

- Existió una disminución en la demanda del mercado para la línea de cobijas, por lo se produjo una para en la producción. Esto causó que no se consiga una mayor cantidad de datos para la etapa de control, los cuales hubieran dado mayor validez al estudio.
- La falta de estandarización no sólo de procesos sino también de procedimientos administrativos, generó que el estudio realizado no haya podido ser llevado a cabo con mayor fluidez y eficiencia.

11.2. Recomendaciones

- Se recomienda seguir utilizando la metodología lean six sigma para la mejora de procesos, reducción de la variabilidad y reducción de desperdicios.
- Mejorar la comunicación interna entre los diferentes departamentos para establecer un flujo de la información más eficiente que permita mantener un mejor control global de la empresa.
- Implementar las mejoras a mediano y largo plazo como estandarización y documentación de procesos para que futuros análisis en la compañía puedan ser llevados a cabo con mayor eficiencia, se obtengan mejores resultados y un mayor control.
- Establecer indicadores apropiados específicos en cada proceso con el objetivo de mantener un mejor control de la capacidad de los procesos y se puedan detectar de manera anticipada para tomar medidas correctivas en caso de ser necesario.

- Realizar un análisis ergonómico y de seguridad dentro de toda la línea de producción de cobijas con el fin de prevenir enfermedades ocupacionales a los operadores.
- Invertir en el recurso humano de la empresa como capacitaciones periódicas, talleres y eventos kaizen en donde se involucre a las personas de manera activa con el objetivo de alinear los objetivos de la empresa con los objetivos personales y generar un ambiente de compromiso por el crecimiento mutuo.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITE. (2018). Obtenido de Historia y Actualidad: <http://aite.com.ec/industria.html>
- BCE. (2016). Obtenido de: Industria manufacturera: el sector de mayor aporte al PIB: <https://www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=10182>
- Berardinelli, C. F. (2012). *To DMAIC or Not to DMAIC?* Taylor and Francys. Obtenido de Back to Basics.
- Bofill, M. A. (1 de 10 de 2018). *Ingeniera Industrial*. (C. D. Ibarra, & S. Berrazueta, Entrevistadores)
- Drohomeretski, E., Gouvea Da Costa, S. E., Pinheiro De Lima, E., & Garbuio, P. A. D. R. (2014). Lean, six sigma and lean six sigma: An analysis based on operations strategy. *International Journal of Production Research*, 52(3), 804–824. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.842015>
- Duraković, B., & Bašić, H. (2012). Textile Cutting Process Optimization Model Based On Six Sigma Methodology In A Medium-Sized Company. *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 16(1), 107-110. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.403.568&rep=rep1&type=pdf>
- Guerrero, P & León, G. (2017). *Ciclo de mejora DMAIC aplicado en el Taller de Servicio*. USFQ.
- Hayajneh, M. T., Bataineh, O., & Al-Tawil, R. (2007). Applying Six Sigma Methodology based on “DMAIC” tools to reduce production defects in textile manufacturing. *Recent Advances in Industrial and Manufacturing Technologies*. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/a878/bc9356fed68ac0e1919ba192dc3faf6dbbb3.pdf>
- Hodge, G. L., Ross, K. G., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. Obtenido de Taylor and Francys: <https://www.tandfonline.com.ezbiblio.usfq.edu.ec/doi/pdf/10.1080/09537287.2010.498577?needAccess=true>
- Jardim, K. P. (2013). *Improve strategic supplier performance using DMAIC to develop a Quality Improvement Plan*. California State University, Dominguez Hills. Recuperado de: <https://search.proquest.com/openview/69df50f6afb69bca4b49522b6c870f25/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Jaya, K., & Hidalgo, M. (18 de 12 de 2015). *Repositorio Digital ESPE*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12553/1/T-ESPE-049810.pdf>

- Kumar, M., Antony, J., Singh, R. K., Tiwari, M. K., & Perry, D. (2006). Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. *Production Planning and Control*, 17(4), 407-423.
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., Choo, A. S., (2003). Six Sigma: a goal theoretic perspective. *Journal of Operations Management* 21, 193–203.
- Mast, J. d., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. Holanda: ELSEVIER.
- Montgomery, D. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control*. 7th Edition. Arizona University: Wiley.
- Münstermann, B., & Weitzel, T. (2008, May). What is process standardization?. In CONF-IRM 2008 Proceedings (p. 64).
- Pérez Zurita, M. M. (2014). Estandarización de procesos de la Empresa Textiles Técnicos (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización).
- Pugna, A., Negrea, R., & Miclea, S. (2016). *Using Six Sigma Methodology to Improve the Assembly Process in an Automotive Company*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.120>
- Purnama, D. A., Shinta, R. C., & Helia, V. N. (2018). Quality improvements on creative industry by using Six Sigma: A study case. *MATEC Web of Conferences*, 154. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401088>
- Rivadeneira, C., & Ligña, C. (Noviembre de 2012). *Biblioteca Digital EPN*. Recuperado el Abril de 2019, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5190/1/CD-4570.pdf>
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
- Sullivan, L. (s.f.). Boston University School of Public Health. Obtenido de Hypothesis Testing for Means & Proportions: http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/BS/BS704_HypothesisTest-Means-Proportions/BS704_HypothesisTest-Means-Proportions_print.html
- TCH. (01 de 10 de 2018). Quito, Pichincha, Ecuador.

13. ANEXOS

13.1. Anexo 1 Encuesta Clientes THC

Encuesta de Satisfacción Cobijas THC

Esta encuesta fue desarrollada para medir la satisfacción general sobre nuestras cobijas, la información que nos proporcione será utilizada para mejorar nuestro producto. Sus respuestas serán tratadas de forma confidencial y no serán utilizadas para ningún propósito distinto a la investigación llevada a cabo. Esta encuesta dura aproximadamente 3 minutos. Gracias por su colaboración.

1. ¿Desde hace cuánto tiempo es cliente de THC ?

Marca solo un óvalo.

- Esta es mi primera compra
- menos de 1 año
- 1-5 años
- 5 o más años

2. ¿Cuál es su grado de satisfacción general con las cobijas de THC?

Marca solo un óvalo.

- Completamente satisfecho
- Satisfecho
- Ni satisfecho ni insatisfecho
- Insatisfecho
- Completamente insatisfecho

3. En comparación con otras alternativas de cobijas, las cobijas de THC son:

Marca solo un óvalo.

- Mucho mejor
- Algo mejor
- Mas o menos igual
- Algo peor
- Mucho peor

4. Escoja las 2 opciones que más le importen sobre las cobijas:

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Color adecuado
- Textura
- Medidas correctas
- Peso
- Estampado correcto

5. ¿Ha experimentado usted problemas relacionadas a alguna de las opciones anteriores?

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

6. ¿Qué problemas ha experimentado?

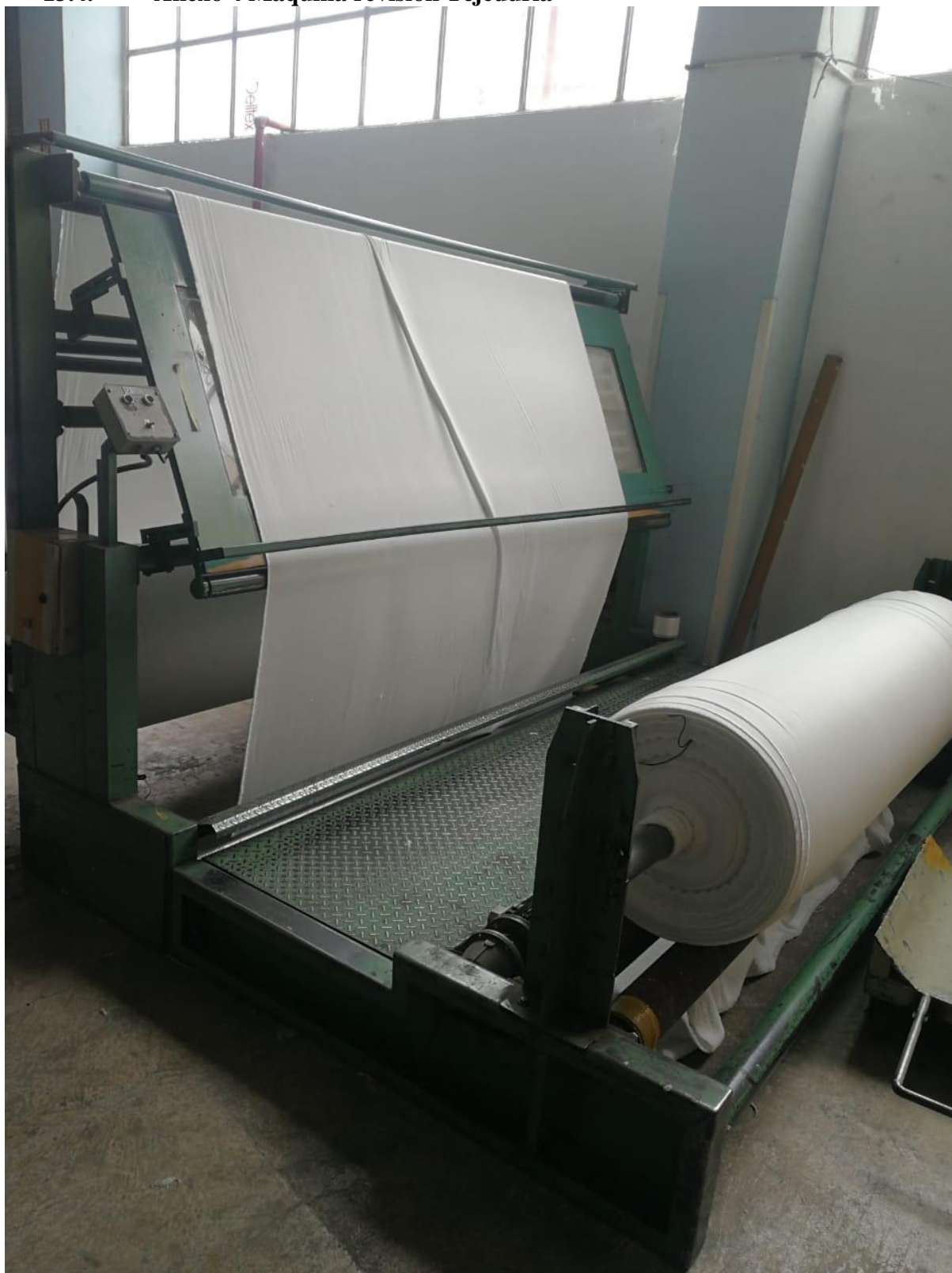
13.2. Anexo 2 Urdidora



13.3. Anexo 3 Máquinas Tejedoras



13.4. Anexo 4 Máquina revisión Tejeduría



13.5. Anexo 5 Máquina Rama

13.6. Anexo 6 Máquina Poll Rotor



13.7. Anexo 7 Máquina Estampadora



13.8. Anexo 8 Datos Método de Exactitud y Reproducibilidad

Observación	Experto	Operario 1	Operario 2
1	b	a	a
2	b	b	b
3	b	b	b
4	a	a	a
5	b	a	a
6	b	b	b
7	a	a	a
8	b	b	b
9	b	b	b
10	b	b	b
11	a	a	a
12	b	b	b
13	b	a	a

13.9. Anexo 9 1er Punto de Medición Tejeduría

# MEDICIÓN	CENTÍMETROS CON FALLA	TIPO FALLA
1	250	cadena
2	220	cadena
3	10	trama
4	0	
5	0	
6	10	trama
7	15	trama
8	0	
9	0	
10	0	
11	0	
12	0	
13	220	cadena
14	10	trama
15	0	
16	20	trama
17	0	
18	0	
19	50	trama
20	0	
21	0	
22	0	
23	0	
24	0	
25	0	
26	0	
27	0	
28	200	cadena
29	10	tricot
30	0	
31	0	
32	15	tricot
33	0	
34	5	tricot

13.10. Anexo 10 Datos 2do Punto de medición

2do punto de medición														
Número	A	B	Total	Porcentaje B	Manchas	Aceite	Mal cuadro	Manchas máquina	Medida	Textura	Otros	Color o diseño	Falta de hilo	Hueco
1	72	0	72	0%	0									
2	66	9	75	12%	4		3	2						
3	50	25	75	33%	25									
4	73	0	73	0%	0	0	0	0	0	0				
5	73	1	74	1%	1									
6	71	1	72	1%	0			1						
7	71	1	72	1%	0			1						
8	70	3	73	4%	2			1						
9	72	2	74	3%	0		1		1					
10	70	3	73	4%	0					3				
11	73	0	73	0%	0	0	0	0	0	0				
12	72	0	72	0%	0	0	0	0	0	0				
13	80	1	81	1%	0				1					
14	67	7	74	9%	6								1	
15	81	1	82	1%	1				1					
16	74	1	75	1%	0		1							
17	71	3	74	4%	0									
18	58	1	59	2%	0								1	
19	74	0	74	0%	0	0	0	0	0	0				
20	73	1	74	1%	0								1	
21	71	2	73	3%	2									
22	75	0	75	0%	0	0	0	0	0	0				
23	74	1	75	1%	1									
24	74	1	75	1%	0		1							
25	70	4	74	5%	2		1							1
26	51	23	74	31%	1						22			
27	75	0	75	0%										
28	73	1	74	1%			1							
29	66	6	72	8%			6							
30	71	3	74	4%	1				2					
31	75	0	75	0%										
32	72	4	76	5%						1		3		
33	74	0	74	0%										
34	75	0	75	0%										
35	66	6	72	8%			5	1						
36	62	5	67	7%						3		2		
Total	2535	116	2651	4.38%	46	0	19	6	3	2	7	22	8	1