



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**DISEÑO DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD EN LA LÍNEA DE  
PRODUCCIÓN DE SACOS DE LANA DE LA EMPRESA  
GABYTEX MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAMC PARA EL  
MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO**

**AUTOR:**

**JIMMY BLADIMIR ANGAMARCA ANGAMARCA**

**DIRECTORA:**

**ING. MAYRA ALEXANDRA MAYA NICOLALDE MSc.**

**IBARRA, 2019**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte, a fin de que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100356059-4		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	JIMMY BLADIMIR ANGAMARCA ANGAMARCA		
<b>DIRECCIÓN:</b>	SAN FRANCISCO DEL TEJAR		
<b>E-MAIL:</b>	jbangamarcaa@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0992 155 517

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“DISEÑO DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SACOS DE LANA DE LA EMPRESA GABYTEX MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAMC PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO”
<b>AUTOR:</b>	JIMMY BLADIMIR ANGAMARCA ANGAMARCA
<b>FECHA:</b>	10 de mayo del 2019
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERO INDUSTRIAL
<b>ASESOR / DIRECTOR:</b>	ING. MAYRA ALEXANDRA MAYA NICOLALDE MSc.

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de mayo de 2019

### EL AUTOR:



Firma

Nombre: Jimmy Bladimir Angamarca Angamarca

Cédula: 100356059-4

Ibarra, 10 de mayo del 2019



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN**

ING. MAYRA ALEXANDRA MAYA NICOLALDE MSc., Director de Trabajo de Grado desarrollado por el Estudiante JIMMY BLADIMIR ANGAMARCA ANGAMARCA.

**CERTIFICA**

Que, el Proyecto de Trabajo de Grado titulado “Diseño del control estadístico de calidad en la línea de producción de sacos de lana de la empresa GABYTEX mediante la metodología DMAMC para el mejoramiento de la capacidad del proceso”, ha sido elaborada en su totalidad por el estudiante Jimmy Bladimir Angamarca Angamarca bajo mi dirección, para la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Luego de ser revisada, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Industrial, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.

  
.....  
ING. Mayra Alexandra Maya Nicolalde MSc



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

La presente investigación de Tesis se la dedico a Dios por darme la vida y las fuerzas necesarias para cumplir mis sueños, y por brindarme la oportunidad de alcanzar una meta más en mi vida profesional.

A mis queridos padres por su apoyo incondicional, por su lucha, por su trabajo, por esas palabras que siempre me han dado fuerzas para salir adelante: a mis hermanos, profesores y familiares por ser parte de los créditos en la consecución de este éxito.

Jimmy Angamarca



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a mis padres, hermanos, en especial a mi hermano Henry Angamarca quien ha estado en las buenas y en las malas a mi lado, y a mis queridos amigos por su amistad y apoyo moral.

Gracias a mi querida Universidad Técnica de Norte, la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas en especial a los docentes y personal administrativo de la Carrera de Ingeniería Industrial, y a mis compañeros que durante estos años han sido parte de mi formación profesional.

A la Ing. Mayra Maya MSc, mi directora de tesis por su comprensión y entrega.

Finalmente agradezco a la Sra. Amanda de la Torre administradora de la empresa textil GABYTEX por darme la oportunidad y el apoyo necesario para llevar a cabo esta investigación en la fábrica.

Jimmy Angamarca

## RESUMEN

El método DMAMC es una herramienta de la metodología Seis Sigma, enfocada en la mejora incremental de procesos. La herramienta es una estrategia de calidad basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la claridad de los datos como base de una mejora. Cada paso en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error.

La empresa Gabytex es una empresa productora y distribuidora de sacos de lana; su distribución se realiza a gran parte de la ciudad de Imbabura y Pichincha. Dentro de su producción hay una serie de procesos repetitivos que no siempre mantienen la exactitud requerida en el proceso lo que causa que el producto terminado tenga fallas; estos inconvenientes causan inconformidad para el cliente y puede acarrear a una disminución de demanda lo que conllevaría a disminución de ingresos.

Es necesario hacer el estudio DMAMC en la empresa Gabytex con la finalidad de poder adentrarnos en su producción para encontrar solución al problema que cause más inconformidad al cliente y mediante análisis poder sugerir soluciones que minimicen dichas inconformidades, abarate costos y en lo posible maximicen utilidades para la empresa.

Luego del estudio se puede constatar que la variabilidad de tallas es un problema que se da en los sacos de lana en especial la desigualdad de los bajos por lo que se diseña un método para el igualado de bajos mediante un manual de procedimientos de trazo y corte, esta es la mejor solución que se puede sugerir para minimizar esta variable y así satisfacer las necesidades de los clientes intentando incrementar la demanda.

Los principales beneficiarios serán los dueños de la empresa ya que ellos con el incremento de ventas aumentarán su utilidad, todos los integrantes de la empresa tendrán más trabajo mejorando sus ingresos para ellos y para sus hogares.

## ABSTRACT

The DMAMC method is a tool for the Six Sigma methodology, based to improve business processes. This tool is a strategy of quality based in statistical analysis, which is very important for the collection of data and information from many sources to determine shortfalls. Each step in the methodology is required to ensure the best possible results in order to minimize the possibility of an error.

Gabytex is a company that produces and distributes wool sweaters, most of the distribution goes to Imbabura and Pichincha Province. Within its production there are series of repetitive process that does not always maintain the process specification required of the product which is the major cause of defects and problems in the products. Customers are dissatisfied because of these problems which can lead to decrease in demand as well as decrease of revenue.

It is necessary to do a DMAMC study in the Gabytex company with the purpose of getting into its production in order to find solutions to the problem that causes dissatisfaction in customers and by collecting data to find solutions to minimize the disconformities of customers, to reduce costs and maximize profits to the company.

After a study it can be verified that the variety of sizes is a problem that occurs in the wool sweaters, especially for short people. By implementing manual procedures to stroke cute in the products is the best solution to minimize the variable where there is not going to be inequality for short people and to satisfy the needs of all the customers in order to increase the demand.

The owners of the companies will be main beneficiaries because they will increase their utilities as well as their sales. So, all members of the company will have more work and with this they can generate better incomes for them and their families.



## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pag.
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	II
CONSTANCIAS.....	III
CERTIFICACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE de tablas.....	XIII
ÍNDICE de figuras.....	XIII
1. PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.3. ALCANCE.....	2
1.4. METODOLOGÍA.....	3
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPITULO II.....	5
2. FUNDAMENTOS TEORICOS.....	5
2.2. La Calidad Total En La Administración De Operaciones.....	5
2.3. Concepto Calidad Total.....	6
2.4. CONCEPTOS MODERNOS EN LA APLICACIÓN.....	7
2.4.1. Seis sigma como estrategia de mejora continua.....	7
2.4.2. Historia.....	8
2.4.3. Características.....	9

2.4.4.	Distribución de planta .....	10
2.4.5.	Diagrama de Pareto.....	10
2.4.6.	Diagrama causa-efecto.....	10
2.4.7.	Diagrama de Dispersión.....	11
2.4.8.	Brainstorming .....	11
2.4.9.	Gráficos de Control.....	12
2.5.	Control Estadístico de Calidad.....	12
2.5.1.	Población.....	12
2.5.2.	Variable.....	12
2.5.3.	Variabes Aleatorias.....	13
2.5.3.1.	Variabes aleatorias discretas .....	13
2.5.3.2.	Variabes aleatorias continuas.....	14
2.5.4.	Atributo .....	14
2.5.5.	Muestra .....	14
2.5.5.1.	Media muestral.....	14
2.5.5.2.	Media poblacional.....	15
2.5.6.	Desviación estándar .....	15
2.5.7.	Rango .....	15
2.5.8.	Coficiente De Variación.....	16
2.5.9.	Límites Reales o Naturales .....	16
2.6.1.	Definición .....	17
2.6.2.	Tipos de muestreo .....	17
2.6.2.1.	Muestreo probabilístico .....	17
2.6.2.2.	Muestreo no probabilístico .....	17
2.6.2.3.	Muestreo Sistemático.....	18

2.6.3.	Cuasas comunes y cuasas especiales de variación.....	18
2.6.4.	Cartas de control .....	19
2.6.5.	Tipos de carta de control.....	20
2.6.6.	<b>CAPACIDAD DE LOS PROCESOS</b> .....	21
2.6.7.	La metodología DMAMC.....	25
2.6.7.1.	Fase definir.....	25
2.6.7.2.	Fase medir .....	26
2.6.7.3.	Fase analizar.....	26
2.6.7.4.	Fase mejorar.....	27
2.6.7.5.	Fase controlar.....	27
2.6.8.	Gráfico normal de probabilidad.....	27
2.6.9.	Distribución de probabilidad normal .....	28
2.6.9.1.	Características de la distribución normal.....	28
2.6.9.2.	Distribución de probabilidad normal estándar .....	29
3.2.1.	Reseña Histórica .....	31
3.2.2.	Información General .....	32
3.2.3.	<b>VALORES DE LA EMPRESA</b> .....	32
3.2.4.	Principales Competidores .....	33
3.2.5.	Número de Trabajadores.....	33
3.2.6.	Macro proceso.....	34
3.2.7.	Mesoproceso .....	35
3.2.8.	Situación Actual del Proceso .....	37
3.2.9.	Política de calidad.....	37
3.2.10.	Distribución de planta.....	37
4.2.1.	Voz del cliente .....	41

4.2.2.	Matriz de priorización.....	43
4.2.3.	Matriz síntesis .....	46
4.2.4.	Lluvia de Ideas .....	47
4.2.4.1.	Área Tendido de Tela.....	47
4.2.4.2.	Área Trazo de Moldes.....	48
4.2.4.3.	Área Corte.....	48
4.2.4.4.	Ensamble.....	48
4.2.5.	Herramienta Critical –ToFlowdown .....	48
4.2.6.	Características CTY .....	49
4.2.7.	Características CTX .....	50
4.3.	FASE MEDIR.....	53
4.3.1.	Productividad .....	53
4.3.2.	Muestreo .....	54
4.3.3.	Tamaño de Muestra.....	54
4.3.4.	Calculo de los índices de capacidad para el saco terminado. ....	56
4.3.5.	Cartas de Control para la variable L1 (saco) en proceso de planchado .....	62
4.4.	FASE ANALIZAR .....	64
4.4.1.	Diagrama Pareto.....	64
4.4.2.	Estratificación .....	69
4.4.3.	Diagrama de Ishikawa (o de causa-efecto) .....	71
4.4.4.	Despliegue de la Función de Calidad (DFC, QFD) .....	79
4.4.5.	Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF) .....	80
4.4.6.	ANALISIS AMEF .....	84
4.5.	FASE MEJORAR .....	85
4.6.	FASE CONTROLAR .....	87

5.	CONCLUSIONES .....	91
6.	RECOMENDACIONES.....	92
	Bibliografía .....	93

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Tabla de conversión sigma</i> .....	7
Tabla 2.	<i>Valores del Cp y su interpretación</i> .....	23
Tabla 3.	<i>Número de trabajadores</i> .....	34
Tabla 4.	<i>Criterios VS alternativas</i> .....	44
Tabla 5.	<i>Matriz de primer nivel</i> .....	44
Tabla 6.	<i>Matriz de segundo nivel</i> .....	45
Tabla 7.	<i>Matriz de tercer nivel</i> .....	45
Tabla 8.	<i>Matriz de cuarto nivel</i> .....	46
Tabla 9.	<i>Matriz de quinto nivel</i> .....	46
Tabla 10.	<i>Matriz de síntesis</i> .....	47
Tabla 11.	<i>Variables evaluadas en las Mediciones del Muestreo</i> .....	55
Tabla 12.	<i>Cálculo de los índices de capacidad para LI saco</i> .....	57
Tabla 13.	<i>Interpretación de los índices</i> .....	58
Tabla 14.	<i>Clase o categoría del proceso</i> .....	60
Tabla 15.	<i>Tabla de valores de los índices</i> .....	62
Tabla 16.	<i>Datos para realizar el diagrama de Pareto</i> .....	64
Tabla 17.	<i>Clasificación por defectos de calidad y proceso</i> .....	69
Tabla 19.	<i>Datos de la propuesta de mejora</i> .....	86
Tabla 20.	<i>Cronograma de la capacitación</i> .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Media Muestral.....	15
Figura 2. Gráfico de probabilidad normal.....	28
Figura 4. Curva de una distribución normal estándar .....	29
Figura 5. Macro Proceso de GABYTEX .....	35
Figura 6. meso Proceso de GABYTEX .....	36
Figura 7. Distribución de primera planta .....	38
Figura 8. Distribución de segunda planta.....	39
Figura 9. Tabulación de datos de encuesta.....	41
Figura 10. Frecuencia de quejas.....	42
Figura 11. Partes donde se presentan las quejas.....	43
Figura 12. Precio del producto .....	43
Figura 13. Proceso crítico del producto .....	49
Figura 14. Requerimiento crítico del proceso de tendido de tela.....	50
Figura 15. Requerimiento crítico del proceso de moldeado .....	51
Figura 16. Requerimiento crítico del proceso de corte .....	51
Figura 17. Requerimiento crítico del proceso de ensamble .....	52
Figura 18. Requerimiento crítico del proceso de planchado.....	52
Figura 19. Diseño del producto.....	55
Figura 20. Capacidad de proceso del largo del saco .....	59
Figura 21. Gráfica X barra del proceso.....	63
Figura 22. Gráfica R del proceso .....	63
Figura 23. Diagrama de Pareto nivel 1.....	66
Figura 24. Diagrama de Pareto nivel 2.....	67
Figura 25. Diagrama de Pareto síntesis.....	68
Figura 26. Diagrama de Ishikawa nivel 1 .....	72
Figura 27. Diagrama Ishikawa nivel 2 .....	75
Figura 28. Diagrama de Ishikawa nivel 3 .....	77
Figura 29. Casa de la calidad .....	79
Figura 30. Análisis de modo y efecto de las fallas en la recepción de materias primas .....	81
Figura 31. Análisis de modo y efecto de las fallas en el corte .....	82

Figura 32. Análisis de modo y efecto de las fallas en la confección.....	83
Figura 33. Capacidad del proceso mejorado .....	89
Figura 34. Gráfica X barra del proceso mejorado.....	89
Figura 35. Gráfica R barra del proceso mejorado .....	90

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de encuesta .....	97
Anexo 2. Lluvia de ideas.....	99
Anexo 3. Tabla factores para la construcción de las cartas de control .....	101
Anexo 4. Fórmula para el cálculo de la productividad .....	102
Anexo 5. Manuales de procedimientos .....	102

## CAPITULO I

### 1. PROBLEMA

La empresa Gabytex tiene como función principal proporcionar sacos de lana para satisfacer la necesidad de sus clientes y así alcanzar utilidades. Dentro de ella, se desarrollan una serie de procesos sistemáticamente coordinados y direccionados al cumplimiento de este objetivo, pero que también, son generadores de importantes pérdidas económicas al obtener cierto porcentaje de producto no conforme.

La empresa como parte de las acciones a realizar se apega a la ISO 9001:2008 en dónde menciona que la organización debe asegurarse de que cada producto no conforme a los requisitos sea identificado y controlado para impedir la entrega y el uso inadecuado, Gabytex como una empresa encaminada a una mejora continua debe gestionar el producto no conforme mediante acciones que mitiguen las no conformidades.

Al existir la necesidad de tener un rendimiento más alto, y reducir el porcentaje de producto no conforme se considera pertinente desarrollar un control estadístico de calidad capaz de mejorar la capacidad del proceso de la organización.



## **1.2.OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un Control Estadístico de Calidad en la empresa Gabytex en la línea de producción de sacos de lana mediante la filosofía seis sigmas para el mejoramiento de la capacidad del proceso.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un diagnóstico actual de la empresa en la línea de producción de sacos de lana para establecer los niveles iniciales de productividad e identificar las principales variables críticas del proceso.
- Diseñar un control estadístico de calidad para dar cumplimiento con los requerimientos del cliente.
- Evaluar y analizar los resultados obtenidos luego del diseño para determinar los beneficios obtenidos.

## **1.3.ALCANCE**

El proyecto iniciará con la recopilación, estudio y análisis de la información que se la realizará en la empresa, para determinar la situación actual de la misma, para lo cual se utilizará técnicas como la observación directa y entrevistas.

Este estudio mediante la aplicación de métodos estadísticos permitirá identificar las causas de variación actuales dentro del proceso que afectan la calidad del producto y controlar las mismas, con el fin de mantener el proceso monitoreado y reducir la cantidad de producto no conforme.

## **1.4.METODOLOGÍA**

La metodología a seguir es el DMAMC que consta de las siguientes fases:

### **Fase definir (D).**

En esta etapa se definirá el problema el cual debe ser lo más específico y medible posible, además se planteará los objetivos a alcanzar y se determinará las variables críticas de control (VCC), es decir, los requisitos del cliente.

### **Fase medir (M).**

En esta fase se procederá a medir el rendimiento del proceso, esta es una etapa clave ya que ayuda a definir la situación actual y así comenzar a buscar la causa raíz del problema.

### **Fase analizar (A).**

En esta fase se investigará y se determinará la causa raíz del problema en la cual se utilizará herramientas estadísticas para facilitar el análisis de datos.

### **Fase mejorar (M).**

En esta fase se creará y dará las soluciones posibles, esta solución estará dirigida a eliminar la causa raíz del problema.

### **Fase controlar (C).**

En esta fase se utilizará herramientas como cartas de control las cuales permitirán realizar el control al proceso, para así verificar la efectividad y la eficacia de los diversos cambios que sufrió el proceso luego de las etapas de mejora.

## **1.5.JUSTIFICACIÓN**

La finalidad de este estudio es mejorar la capacidad del proceso de la empresa y la calidad del producto que oferta, a través de la aplicación de las diferentes herramientas y técnicas del control estadístico de la calidad que nos permitan mantener el proceso monitoreado, logrando así un crecimiento económico en beneficio de la empresa y de los trabajadores.

El control de producto terminado tiene poca capacidad de generar información útil para ajustar y mejorar el proceso, mediante el control estadístico podremos saber en qué momento se empezó a desajustar el proceso, logrando analizar las circunstancias que llevaron al desajuste para que no vuelva a ocurrir.

Los beneficiarios directos del proyecto serán los clientes internos y externos; externos porque se dará cumplimiento de sus requisitos e interno porque se garantizará su permanencia en su puesto de trabajo y con el aumento de la capacidad del proceso se podría generar incentivos.

Los beneficiarios indirectos serán los diferentes proveedores de la empresa porque continuarán abasteciendo de materias primas para la realización del producto debido a la permanencia y a la aceptación de los productos ofertados.

En conclusión, los impactos que tendrá el proyecto serán de carácter social, mejorando la calidad de vida de las personas, mejora la imagen de la empresa y en lo financiero aumentando la rentabilidad para la misma.

## CAPITULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEORICOS

#### 2.2. La Calidad Total En La Administración De Operaciones.

Las mejoras en la calidad ayudan a que las empresas aumenten las ventas y reduzcan los costos, estos dos factores contribuyen a aumentar la rentabilidad. A menudo, los incrementos en las ventas ocurren cuando las empresas aceleran su respuesta, reducen los precios de venta como resultado de las economías de escala, y mejoran su reputación si hay calidad en sus productos. De manera similar, la mejora en la calidad permite que los costos bajen cuando las empresas aumentan su productividad y disminuyen el trabajo repetido, el desperdicio y los costos de garantía.

La calidad, o la falta de calidad, afectan a toda la organización desde el proveedor hasta el cliente y desde el diseño del producto hasta el mantenimiento. Y algo quizá más importante, la construcción de una organización que pueda lograr la calidad también involucra a toda la organización y es una tarea demandante.

Una estrategia de calidad exitosa comienza por un entorno organizacional que promueve la calidad, seguido por el entendimiento de los principios de la calidad y después por un esfuerzo sostenido para lograr que los empleados se comprometan con las actividades necesarias para implementar la calidad. Cuando lo anterior se realiza de manera correcta, resulta típico que la organización satisfaga a sus clientes y obtenga una ventaja competitiva. (Jay & Barry, Principios De Administración De Operaciones, 2009, pág. 194)

### 2.3. Concepto Calidad Total.

En la década de 1950, surgió el término aseguramiento de la calidad, que engloba al conjunto de actividades planificadas y sistemáticas, necesario para dar confianza de que un producto o servicio va a satisfacer los requerimientos establecidos. Las Normas de la serie ISO 9000 se consolidaron en la década de 1990 como el principal referente a nivel mundial en el ámbito de la garantía de la calidad. (Miguel Ferrando Sanchez)

Las características que connotan calidad deben definirse primero mediante la investigación (un enfoque de la calidad basada en el usuario). Después estas características pueden traducirse en atributos específicos del producto (un enfoque de la calidad basada en el producto). Entonces se organiza el proceso de manufactura para asegurar que los productos se elaboren con las especificaciones precisas (un enfoque de la calidad basada en la manufactura). Un proceso que ignore cualquiera de estos pasos no dará como resultado un producto de calidad. (Jay & Barry, 2009, pág. 195)

El diccionario ofrece numerosas acepciones para la palabra *calidad*. Una breve definición de *calidad* es “satisfacción y lealtad del cliente”. “Adaptabilidad de uso” es un breve significado alternativo.

Aunque una definición breve como ésta tiene un enfoque, debe desarrollarse más para que ofrezca una base para la acción.

La revelación del significado comienza con la definición de la palabra *cliente*. Un *cliente* es “cualquiera que se ve afectado por el servicio, el producto o el proceso, (Frank, 2007).

## 2.4. CONCEPTOS MODERNOS EN LA APLICACIÓN

### 2.4.1. Seis sigma como estrategia de mejora continua

Sigma ( $\sigma$ ) es la letra griega utilizada en estadística para expresar la desviación estándar de un proceso, que permite cuantificar la dispersión de los datos de una variable. El nivel de sigma indica que tan bien está la variación del proceso respecto a las especificaciones o requerimientos de los clientes, el nivel Seis Sigma indica 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO). (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009, pág. 420)

**Tabla 1.**

*Tabla de conversión sigma*

RENDIMIENTO (%)	DPMO	SIGMA
6,68	933200	0
10,56	894400	0,25
15,87	841300	0,5
22,66	773400	0,75
<b>30,85</b>	<b>691500</b>	<b>1</b>
40,13	598700	1,25
50	500000	1,5
59,87	401300	1,75
<b>69,15</b>	<b>308500</b>	<b>2</b>
77,34	226600	2,25
84,13	158700	2,5
89,44	105600	2,75
<b>93,32</b>	<b>66800</b>	<b>3</b>
95,99	40100	3,25
97,73	22700	3,5
98,78	12200	3,75
<b>99,38</b>	<b>6200</b>	<b>4</b>

99,7	3000	4,25
99,87	1300	4,5
99,94	600	4,75
<b>99,977</b>	<b>230</b>	<b>5</b>
99,987	130	5,25
99,997	30	5,5
99,99833	16,7	5,75
<b>99,99966</b>	<b>3,4</b>	<b>6</b>

**Fuente:** Valores para la conversión (Cavanagh, Neuman, & Pande, 2004)

**Elaborado por:** El autor.

La filosofía seis sigmas, es una herramienta de mejora la cual permite a las empresas u organizaciones ser más eficientes y eficaces y enfocarse a la satisfacción de los clientes. Esta herramienta se aplica con la implementación de un equipo de trabajo que debe proponer una estrategia que permita fortalecer las capacidades de la empresa u organización y de las personas que la conforman. La filosofía seis sigmas se basa en cinco etapas o fases (metodología DMAMC).

#### **2.4.2. Historia**

Se introdujo Seis Sigma por primera vez en 1987, en Motorola, por un equipo de directivos encabezado por el presidente de la compañía Bob Galvin, con la intención de reducir los defectos de productos electrónicos. Además de Motorola, dos organizaciones más que contribuyeron a consolidar la estrategia Seis Sigma y sus herramientas son Allied Signal, que inició su programa en 1994, y General Electric (GE), que empezó en 1995. Un factor decisivo de su éxito fue que sus presidentes, Larry Bossidy y Jack Welch, respectivamente, encabezaron de manera entusiasta y firme el programa en sus empresas. En Latinoamérica, Mabe es una de las organizaciones que ha logrado conformar uno de los programa Seis Sigma más exitoso (Humberto & Pulido, 2010, pág. 280).

### 2.4.3. Características.

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

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

Otra de las características clave de Seis Sigma es buscar que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (en cantidad o volumen, calidad, tiempo y servicio) y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad Seis Sigma. De aquí que al desarrollar la estrategia 6s en una empresa se tenga que profundizar en el entendimiento del cliente y sus necesidades, y para responder a ello, hay que revisar críticamente los procesos de la compañía. A partir de aquí se deben establecer prioridades y trabajar para desarrollar nuevos conceptos, procesos, productos y servicios que atiendan y excedan las expectativas del cliente. (Humberto & Pulido, *Calidad Total y Productividad*, 2010, pág. 284).



#### **2.4.4. Distribución de planta.**

Es la ubicación física ordenada de la maquinaria, equipos, trabajadores y espacios necesarios para la mano de obra indirecta y el libre movimiento de materiales (García Criollo, 2005, págs. 143,144).

#### **2.4.5. Diagrama de Pareto.**

El diagrama de Pareto muestra las causas de los problemas en orden de importancia y separa los pocos elementos vitales de los muchos triviales (regla del 80/20) y permite ser una guía para seleccionar los proyectos a fin de mejorar, para la elaboración del diagrama se recomienda el uso de la hoja de comprobación. (Evans & Lindsay, 2008, pág. 672).

#### **2.4.6. Diagrama causa-efecto.**

También conocido como diagrama de pescado, fue desarrollado por Ishikawa a principio de los años cincuenta. El método consiste en definir la ocurrencia de un problema no deseado ubicado en la “cabeza de pescado” y, posteriormente, identificar las causas que generan el problema (espinas del pescado) que se unen a la columna vertebral y a la cabeza del pescado. Las principales causas se subdividen en cinco o seis categorías principales que son:

- Humanas.
- Máquinas.
- Métodos.
- Materiales.
- Medio ambiente.
- Administrativas.

Generalmente estas causas principales se subdividen en sub-causas y así continúa el proceso hasta que se detectan todas las causas posibles. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 19).

### **2.4.7. Diagrama de Dispersión.**

“Para encontrar la causa de un problema en un proceso es necesario analizar la relación existente entre dos variables numéricas. Por ejemplo, investigar si la variación de una variable de entrada (X) tiene cierto efecto en una variable de salida (Y). Para evaluar esta relación es necesaria la construcción del diagrama de dispersión ya que mediante este nos permite identificar la relación entre dos variables numéricas y su interpretación depende en ver si los puntos siguen algún patrón. Se recomienda los siguientes pasos para su elaboración” (Gutierrez Pulido, CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD, 2010, págs. 205,206).

- Obtención de datos.
- Elegir ejes.
- Construir escalas.
- Graficar los datos.
- Documentar el diagrama.

### **2.4.8. Brainstorming**

Según (Valderrey Sanz, 2013), el brainstorming es una técnica que estimula a las personas al desarrollo de la creatividad para generar ideas que contribuyan a la solución del problema. Consiste en generar la mayor cantidad de ideas en torno a un tema determinado, los integrantes pueden apoyarse en las ideas de los demás participantes para aportar y, si es posible, mejorar las propuestas. Las ideas deben ser evaluadas posteriormente o al finalizar el aporte de todos los participantes, el brainstorming consta de tres fases:

- Definición del problema.
- Exposición de las ideas.
- Selección.

### **2.4.9. Gráficos de Control**

Es una representación gráfica de una característica de calidad, calculada mediante muestras del producto, en función del número de las muestras o del tiempo. Su función es mostrar si un proceso se encuentra bajo control o fuera de control (Valderrey Sanz, 2013, pág. 48).

## **2.5. Control Estadístico de Calidad**

### **2.5.1. Población**

En estadística, uno suele interesarse por obtener información sobre un conjunto total de elementos, al cual nos referimos como la población. La población es a menudo demasiado grande para que se pueda examinar cada uno de sus miembros. Por ejemplo, podría tratarse de todos los residentes de un determinado estado, o de todos los aparatos de televisión producidos por una determinada compañía en el último año, o del conjunto de hogares de una comunidad dada. (Ross, 2007, pág. 5)

### **2.5.2. Variable.**

Al momento de realizar un análisis existe interés solo en ciertas características de los objetos en una población: el número de grietas en la superficie de cada recubrimiento, el género de un graduado de ingeniería, la edad a la cual el individuo se graduó, y así sucesivamente. Una característica puede ser categórica, tal como el género o el tipo de funcionamiento defectuoso o puede ser de naturaleza numérica. Una variable es cualquier característica cuyo valor puede cambiar de un objeto a otro en la población. Inicialmente las letras minúsculas del alfabeto denotaban las variables. Algunos ejemplos incluyen:

$X$ =marca de la calculadora de un estudiante.

$Y$ = número de visitas a un sitio web particular durante un periodo específico.

$Z$ =distancia de frenado de un automóvil en condiciones específicas.

(Devore, 2008, pág. 3).

### **2.5.3. Variables Aleatorias**

Si a cada uno de los resultados de un experimento de probabilidad se asignan un valor numérico, entonces cuando veamos los resultados del experimento estaremos observando los valores de una variable aleatoria. Este valor numérico es el de la variable aleatoria, se utiliza una variable aleatoria para denotar los resultados de un experimento de probabilidad. La variable aleatoria puede tomar cualquier valor numérico que pertenezca al conjunto de todos los posibles resultados del experimento. (Se denomina aleatoria porque el valor que toma es el resultado de un evento de probabilidad, o aleatorio) cada uno de los eventos en un experimento de probabilidad también debe definirse en forma tal que solo se le asigne un valor de variable aleatoria (eventos mutuamente excluyentes), y todo evento debe tener asignado un valor (evento todo incluido).

Las variables numéricas se pueden subdividir en dos clasificaciones: variables aleatorias discretas y variables aleatorias continuas.

#### **2.5.3.1. Variables aleatorias discretas**

Es una variable cuantitativa aleatoria que puede tomar un número contable de valores.

### **2.5.3.2. Variables aleatorias continuas**

Las variables aleatorias “numero de caras” y “número de llamadas telefónicas recibidas” son discretas. Cada una de ellas representa una cuenta y, por tanto, hay un número contable de posibles valores. Las variables aleatorias “longitud de cable y “velocidad para calificar” son continuas. Cada una representa mediciones que pueden tomar cualquier valor en todo el intervalo y, por tanto, hay un número infinito de valores posibles. (Kuby, págs. 270, 271).

### **2.5.4. Atributo**

Los atributos son generalmente defectos visuales, por ejemplo, tiene o no tiene el color, está roto, pasa o no pasa, es decir, no se le mide una característica en especial, sino que se contabilizan el número de piezas malas o que tienen defectos. (Rivera, 2006, pág. 48).

### **2.5.5. Muestra**

Se denomina muestra a cualquier subconjunto de datos seleccionados de una población.

El objetivo de una muestra, ya sea en una población tangible o en una población conceptual es que los elementos de la muestra representen al conjunto de todos los elementos de la población. Esta cuestión, la construcción de muestras adecuadas, representativas, es uno de los aspectos más delicados de la Estadística. (Ross, 2007, pág. 5).

#### **2.5.5.1. Media muestral.**

Es una abreviación estadística para referirse a la media de los números de la muestra su fórmula es:

$$\bar{X}_n = T(X_1, X_2, \dots, X_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

**Figura 1.** Media Muestral

**Fuente:** (Freedman, 1993, pág. 466)      **Elaborado por:** El Autor

### 2.5.5.2. Media poblacional.

La media de una población se define de la misma manera, pero se emplean símbolos diferentes: la letra griega  $\mu$  (mu) para la media de la población y  $N$  para el tamaño de la población (Triola, 2009).

### 2.5.6. Desviación estándar

La desviación estándar se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza. Continuando con la notación adoptada para la varianza muestral y para la varianza poblacional, se emplea para denotar la desviación estándar muestral y  $\sigma$  para denotar la desviación estándar poblacional.

La desviación estándar se obtiene de la varianza como sigue.

- Desviación estándar muestral =  $s = \sqrt{s^2}$
- Desviación estándar poblacional =  $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$

Un valor de desviación estándar de un conjunto de datos, representa la dispersión o que tan lejos están ubicados los datos del centro o promedio de los mismos. (David R. Anderson, 2008, pág. 95).

### 2.5.7. Rango

Indica el número de valores que toma la variable. El rango es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de un conjunto de datos.

$$R = X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}}$$

Si los datos están agrupados en una tabla de frecuencias, el recorrido es la diferencia entre el límite real superior del último intervalo y el límite real inferior del primer intervalo. (Rivera, 2006, pág. 50)

$$R = L_{\text{máx}} - L_{\text{mín}}$$

### **2.5.8. Coeficiente De Variación**

Es una medida de dispersión sin unidades y es el cociente de la desviación típica respecto a la media aritmética, multiplicado por cien. El hecho de que el coeficiente de variación no tenga unidades permite comparar entre sí coeficientes de la variación calculados a partir de los datos medios en distintas unidades. El coeficiente de variación se calcula mediante la siguiente expresión:

$$CV = 100$$

A de que aumenta el coeficiente de variación nos indica el aumento de la dispersión de los datos, un coeficiente de variación más del 30% indica unos datos dispersos y mayor del 50 % muy disperso. (Cáceres, 2007, pág. 49)

### **2.5.9. Límites Reales o Naturales**

La elaboración de una distribución de frecuencias tiene mucho de subjetivo, pero al mismo tiempo mucho de complejidad. Esto último por la determinación de los límites de las clases. Los llamados límites indicados (límites aparentes, límites nominales, según otros autores) y su conversión en límites reales (límites exactos), es una tarea muy delicada y tediosa para el alumno que apenas se inicia con la estadística descriptiva.

Cada clase en una tabla de frecuencia tiene límites de clase teóricos llamados límites reales de la clase o fronteras de clase. Al límite superior teórico de la clase se le llama Frontera superior de

la clase y al inferior se lo llama frontera inferior de la clase. (Humberto Llinás Solano, 2005, págs. 14,15,16)

## **2.6.MUESTREO**

### **2.6.1. Definición**

El muestreo es simplemente un conjunto de métodos para tomar ejemplares que permitan hacer aseveraciones sobre los parámetros de una población apoyándose en una fracción de ésta, llamada muestra. (Panteleeva, 2005, pág. 318)

### **2.6.2. Tipos de muestreo**

#### **2.6.2.1. Muestreo probabilístico**

Se utiliza cuando hay necesidades de estimados muy exactos de participación de mercados o de volúmenes de vetas para el mercado entero. Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos que se basan en el principio de equiprobabilidad. Es decir, aquellos en los que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño  $n$  tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas. Sólo estos métodos de muestreo probabilísticos nos aseguran la representatividad de la muestra extraída y son, por tanto, los más recomendables. Dentro de los métodos de muestreo probabilísticos encontramos los siguientes tipos: Aleatorio simple, Aleatorio sistemático, Aleatorio estratificado, Aleatorio por conglomerado.

#### **2.6.2.2. Muestreo no probabilístico**

Se utiliza en pruebas de concepto, pruebas de paquetes, pruebas de nombres y pruebas de copias, donde en general no se necesitan las proyecciones de las poblaciones. En esos estudios el interés se concentra en la proporción de la muestra que da diversas respuestas o expresa diversas



opiniones o actitudes. En algunas circunstancias los métodos estadísticos y epidemiológicos permiten resolver los problemas de representatividad aun en situaciones de muestreo no probabilístico, por ejemplo, los estudios de caso-control, donde los casos no son seleccionados aleatoriamente de la población.

Entre los métodos de muestreo no probabilísticos más utilizados en investigación encontramos: Muestreo por cuotas, Muestreo intencional o de conveniencia, Bola de nieve, Muestreo discrecional. (Panteleeva, 2005, págs. 18,19,20,21,22)

### **2.6.2.3. Muestreo Sistemático**

Cuando se habla de un muestreo aleatorio siempre se debe entender un muestreo sin reemplazo. Este método de muestreo es uno de los más sencillos de tipo probabilístico.

El muestreo aleatorio se recomienda cuando las características de interés prestan gran homogeneidad, pues en caso contrario su uso requeriría muestras “grandes” para lograr una precisión aceptable, además de que podrían seleccionar “muestras Indeceables “. El muestreo aleatorio simple es aquel método que asigna una probabilidad igual de sección a todas y cada una de las muestras posibles y distintas, siendo esta probabilidad  $1/K$ , donde  $K=C^N_n$ ,  $N$  es el tamaño de la población y  $n$  el tamaño de la muestra.

Una forma equivalente de seleccionar la muestra es elegir las unidades de una en una y forma consecutiva, dando o asignando una probabilidad de selección a las unidades en cada caso. (Richard L. Scheaffer, 2007, págs. 243-255)

### **2.6.3. Causas comunes y causas especiales de variación**

La variación por causas comunes (o por azar) es aquella que permanece día a día, lote a lote; la aportan en forma natural las actuales condiciones de las 6M. Esta variación es inherente a las actuales características del proceso y es resultado de la acumulación y combinación de diferentes

causas difíciles de identificar y eliminar, debido a que son inherentes al sistema y porque la contribución individual de cada causa es pequeña; no obstante, a largo plazo representan la mayor oportunidad de mejora.

La variación por causas especiales (o atribuibles) es generada por situaciones o circunstancias especiales que no están permanentemente en el proceso. Por ejemplo, la falla ocasionada por el mal funcionamiento de una pieza de la máquina, el empleo de materiales no habituales o el descuido no frecuente de un operario. Las causas especiales, por su naturaleza relativamente discreta, a menudo pueden ser identificadas y eliminadas si se cuenta con los conocimientos y condiciones para ello (Humberto & Pulido, *Calidad Total y Productividad*, 2010, pág. 218).

#### **2.6.4. Cartas de control**

El objetivo básico de una carta de control es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Esto permitirá distinguir las variaciones por causas comunes de las debidas a causas especiales (atribuibles), lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y así decidir las mejores acciones de control y de mejora.

En la parte inferior, paralela a las líneas hay un eje que sirve para identificar la procedencia de los datos. En caso de que este eje sea una escala cronológica, entonces los puntos consecutivos se unen con una línea recta para indicar el orden en el que ha ocurrido cada dato.

La línea central de una carta de control representa el *promedio del estadístico* que se está graficando, cuando el proceso se encuentra en control estadístico. Las otras dos líneas se llaman límites de control, superior e inferior, y están en una posición tal que, cuando el proceso está en control estadístico, hay una alta probabilidad de que prácticamente todos los valores del estadístico (puntos) caigan dentro de los límites. De esta manera, si todos los puntos están dentro de los

límites, entonces se supone que el proceso está en control estadístico. Por el contrario, si al menos un punto está fuera de los límites de control, entonces esto es una señal de que pasó algo especial y es necesario investigar su causa. En general, los límites de control son estimaciones de la amplitud de la variación del estadístico (promedio, rangos, etc.) que se grafica en la carta. Lo que se observa en una carta de control no sólo es que un punto caiga fuera de los límites de control, sino también cualquier formación o patrón de puntos que tenga muy poca probabilidad de ocurrir en condiciones “normales”, lo cual será una señal de alerta de posibles cambios debidos a causas especiales. (Humberto & Pulido, Calidad Total y Productividad , 2010, pág. 220)

### **2.6.5. Tipos de carta de control**

Existen dos tipos generales de cartas de control: para variables y para atributos. Las cartas de control para variables se aplican a características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición (pesos, volúmenes, voltajes, longitudes, resistencias, temperaturas, humedad, etcétera). Las cartas de control para variables tipo Shewhart más usuales son:

$\bar{X}$ -(de medias),

$R$  (de rangos),

$S$  (de desviaciones estándar) y

$\bar{X}$  (de medidas individuales).

Estas formas distintas de llamarle a una carta de control se deben al correspondiente estadístico se representa en la carta, y por medio de la cual se busca analizar una característica importante de un producto o un proceso.

Existen características de calidad de un producto que no son evaluadas con un instrumento de medición en una escala continua o al menos en una escala numérica. En estos casos, el producto

se juzga como conforme o no conforme, dependiendo de si posee ciertos atributos; o también al producto se le podrá contar el número de defectos o no conformidades que tiene. Este tipo de características de calidad son monitoreadas a través de las cartas de control para atributos:

$p$  (proporción o fracción de artículos defectuosos),

$np$  (número de unidades defectuosas),

$c$  (número de defectos) y

$u$  (número promedio de defectos por unidad).

#### **2.6.5.1. Carta de control X- R**

Existen muchos procesos industriales que, puede decirse, son de tipo “masivo”, en el sentido de que producen muchos artículos, partes o componentes durante un lapso de tiempo pequeño. Por ejemplo: líneas de ensamble, máquinas empacadoras, procesos de llenado, operaciones de soldadura en una línea de producción, moldeo de piezas de plástico, torneado de una pieza metálica, el corte de una tira en pedazos pequeños, etc. Algunos de estos procesos harán miles de operaciones por día, mientras que otros efectuarán varias decenas o centenas. En ambos casos se está ante un proceso masivo. Si además las variables de salida de interés son de tipo continuo, entonces estamos ante el campo ideal de aplicación de las cartas de control X- R. (Humberto & Pulido, Calidad Total y Productividad , 2010, pág. 222)

#### **2.6.6. CAPACIDAD DE LOS PROCESOS**

##### ***2.6.6.1. Índices de capacidad para procesos con doble especificación.***

Los procesos tienen variables de salida o de respuesta, las cuales deben cumplir con ciertas especificaciones a fin de considerar que el proceso está funcionando satisfactoriamente. Evaluar la habilidad o capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural de este para una característica de calidad dada es satisfactoria (cumple especificaciones).

Para considerar que hay calidad las mediciones deben ser iguales a un valor nominal o ideal (N), o al menos tienen que estar con holgura dentro de las especificaciones (EI) y superior (ES).

#### ***2.6.6.2. Índice Cp***

El índice de capacidad potencial del proceso, Cp, se define de la siguiente manera:

Donde  $\sigma$  representa la variación estándar del proceso, mientras que ES y EI son las especificaciones superior e inferior para las características de calidad. Como se puede observar, el índice Cp compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de este.

#### ***Interpretación del índice Cp***

Lo deseable es que el índice Cp sea mayor que 1; y si el valor es menor que uno es una evidencia de que el proceso no cumple con las especificaciones. Para una mejor interpretación se presenta a continuación una tabla que ayudara mucho a conocer la capacidad del proceso en la que se está trabajando:

**Tabla 2.**  
*Valores del Cp y su interpretación*

<i>Valores del índice Cp</i>	<i>Clase o categoría del proceso</i>	<i>Decisión (si el proceso está centrado)</i>
$Cp \geq 2$	<i>Clase mundial</i>	<i>Se tiene calidad seis sigma</i>
$Cp > 1,33$	1	<i>Adecuado</i>
$1 < Cp < 1,33$	2	<i>Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto</i> <i>No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.</i>
$0,67 < Cp < 1$	3	<i>No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.</i>
$Cp < 0,67$	4	<i>No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.</i>

**Fuente:** (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009)

**Elaborado por:** El Autor

Si al analizar el proceso se encuentra que su capacidad para cumplir especificaciones es mala, entonces algunas alternativas de actuación son: mejorar el proceso (centrar y reducir variación), su control y sistema de medición, modificar tolerancias o inspeccionar al 100% los productos.

### **2.6.6.3. Índice Cr**

Indicador de la capacidad potencial del proceso que divide la amplitud de la variación natural de este, entre la variación tolerada. Representa la proporción de la banda de especificaciones que es cubierta por el proceso.

Como se puede ver es el inverso del índice Cp. En él lo deseable es que los valores sean pequeños (menores que uno). La ventaja del Cr sobre el Cp es que su interpretación es un poco más intuitiva, a saber.

Además de ello este índice tampoco toma en cuenta si el proceso está centrado.

#### ***2.6.6.4. Índices Cpi, Cps y Cpk***

Como ya se mencionó, los índices Cp y Cr es que no toman en cuenta el centrado del proceso. Una forma de corregir esto consiste en evaluar por separado el cumplimiento de las especificaciones superior e inferior, a través del índice de capacidad para la especificación superior Cps, y el índice de capacidad para la especificación inferior Cpi, respectivamente.

Para considerar que el proceso es adecuado, el valor de Cpi, y Cps debe ser mayor que 1,25 en lugar de 1,33.

El índice Cpk que se conoce como índice de capacidad real del proceso, es considerado una versión corregida del Cp, que si toma en cuenta el centrado del proceso.

Si el valor del índice Cpk es satisfactorio (mayor que 1,25), esto indica que el proceso es en realidad capaz. Si  $Cpk < 1$ , entonces el proceso no cumple por lo menos una de las especificaciones

Otros elementos adicionales para la interpretación son:

El índice Cpk siempre va a ser mayor que el índice Cp, cuando son muy próximos eso indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.

Si el valor del índice Cpk es mucho más pequeño que el Cp, significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones. De esa manera, el índice Cpk, estará indicando la capacidad real del proceso, y si se corrige el problema del descentrado se alcanzará la capacidad potencial indicad por el Cp.

Cuando el valor del índice Cpk, sea mayor a 1,25 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide que  $Cpk > 1,45$ .

Es posible tener valores del índice Cpk iguales a cero o negativos, e indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

#### **2.6.6.5. Índice K**

Un aspecto importante en el estudio de capacidad de un proceso es evaluar si la distribución de la característica de la calidad está centrada con respecto a las especificaciones, por ello es útil calcular el índice de centrado del proceso, K, que se calcula de la siguiente manera:

La interpretación usual de los valores de K es:

Si el signo del valor de K es positivo significa que la media del proceso es mayor al valor nominal y será negativo cuando valores de K menores de 20% en términos absolutos se consideran valores aceptables, pero a medida que el valor absoluto de K es más grande que 20%, radica un proceso muy descentrado, lo cual contribuye de manera significativa a que la capacidad del proceso para cumplir especificaciones sea baja.

El valor nominal N, es la calidad objetivo y es óptima; cualquier desviación con respecto a este valor lleva un detrimento a la calidad. Por ello cuando un proceso este descentrado de manera significativa se deben hacer esfuerzos serios para centrarlo, lo que por lo regular es más fácil que disminuir la variabilidad.

### **2.6.7. La metodología DMAMC**

#### **2.6.7.1. Fase definir**

En esta fase el primer paso es identificar el problema el cuál debe ser específico y puntual, no debe reflejar su causa, posibles responsables ni opiniones sobre lo que se está haciendo mal. Luego de establecer el problema se redacta el objetivo el cual incluye una descripción de lo que se va a realizar, debe ser medible e incluir una fecha estimada de cumplimiento.



El segundo paso es identificar los requisitos del cliente que es afectado por el problema, si la empresa u organización cuenta con un sistema para convertir la voz del cliente a requisitos medibles se empieza con el levantamiento de datos, caso contrario se requiere obtener la información directamente de los clientes para determinar sus requisitos.

El tercer paso consiste en identificar y documentar el proceso a estudiar y toda su información. (Cavanagh, Neuman, & Pande, 2004, págs. 72,73,74,80,81)

### **2.6.7.2. Fase medir**

El objetivo de esta fase es entender y cuantificar la magnitud del problema, por ello se define el proceso a un nivel más detallado para comprender el flujo de trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento. Además, se analiza y se valida el sistema de medición para garantizar que las mediciones sean confiables ya que esto permite medir la situación actual (línea base) para clarificar el punto de arranque del proyecto de mejora.

En esta fase se identifica la causa raíz del problema (X vitales), entender como éstas generan el problema y confirmar las causas con datos, para encontrar las X vitales es necesario identificar todas las variables de entrada y/o causas posibles del problema. (Gutiérrez Pulido, 2010, págs. 291,292)

### **2.6.7.3. Fase analizar**

La finalidad de esta fase es comprender como y porque se genera el problema, es decir, determinar la causa raíz y confirmarla con datos.

Las herramientas de esta fase son muy variadas y hay que determinar cuáles son las adecuadas para facilitar el análisis y encontrar la causa raíz del problema. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009, págs. 428,429)

#### **2.6.7.4. Fase mejorar**

Luego de identificar y analizar la causa raíz del problema, se debe generar ideas para resolverlo o eliminarlo y así mejorar el desempeño. Esta etapa es una actividad donde se requiere creatividad ya que muchas de las ideas no contribuyen para solucionar el problema. Una de las dificultades de esta fase es juzgar las ideas antes de ser evaluadas provocando que muchas de las alternativas para solucionar el problema no sean tomadas en cuenta, lo recomendable es que se genere la mayor cantidad de ideas ya que pueden constituir la base para una solución práctica y definitiva. (Evans & Lindsay, 2008, pág. 513)

#### **2.6.7.5. Fase controlar**

Control se refiere al proceso que se utiliza para dar cumplimiento con estándares establecidos de manera consistente, que implica observar el desempeño actual y compararlo con él estándar.

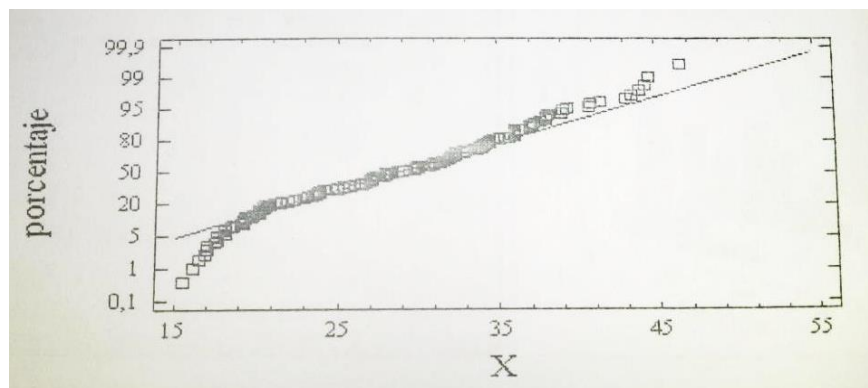
El objetivo de esta fase es implementar actividades que ayudan a mantener los beneficios de las mejoras realizadas en el proceso, los propósitos de poner en práctica el control son:

- Mantener las ganancias de los proyectos de mejora.
- Promover al análisis de la variación del proceso, basado en datos, para identificar posibles mejoras.
- Definir responsabilidades y lograr un autocontrol.

(Juran, 2007, págs. 106,171,172)

#### **2.6.8. Gráfico normal de probabilidad.**

Sirven para determinar si un conjunto de datos relativos a una característica de calidad se ajusta a una distribución normal. La normalidad de los datos será perfecta cuando el gráfico de los puntos resulta ser una línea recta situada sobre la diagonal del primer cuadrante. (Valderrey Sanz, Seis Sigma, 2010, pág. 111)



**Figura 2.** Gráfico de probabilidad normal

**Fuente:** (Valderrey Sanz, Seis Sigma, 2010)

**Elaborado por:** El Autor

### 2.6.9. Distribución de probabilidad normal

Es una de las distribuciones más usadas para describir variables aleatorias continuas y es de gran utilidad para realizar inferencia estadística ya que describe que tan probables son los resultados obtenidos de un muestreo.

#### 2.6.9.1. Características de la distribución normal

-Toda la familia de distribuciones normales se diferencia por medio de dos parámetros: la media y la desviación estándar.

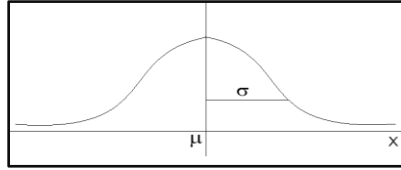
-El punto más alto de una curva normal se encuentra sobre la media, la cual coincide con la mediana y la moda.

-La media de una distribución normal puede tener cualquier valor: negativo, positivo o cero.

-La distribución normal es simétrica.

-La desviación estándar determina la amplitud de la curva normal.

-Las probabilidades están dadas mediante áreas bajo la curva normal.

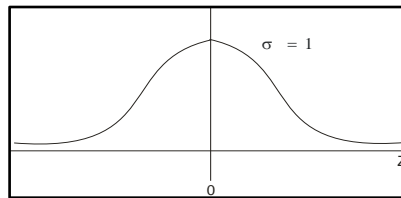


**Fuente:** (Anderson, Sweeney, & Thomas, 2008, págs. 233,234)

**Elaborado por:** El autor

### 2.6.9.2. Distribución de probabilidad normal estándar

Cuando una variable tiene una distribución normal y el valor de la media y desviación estándar es de 0 y 1, respectivamente, entonces será una distribución normal estándar.



**Figura 3.** Curva de una distribución normal estándar

**Fuente:** (Anderson, Sweeney, & Thomas, 2008, págs. 233,234)

**Elaborado por:** El Autor



## CAPITULO III

### 3. DIAGNÓSTICO INICIAL

#### 3.2.Descripción General de la Empresa Gabytex

##### 3.2.1. Reseña Histórica

Carlos Alfredo Espinosa Calderón nace en la Ciudad de Atuntaqui el 13 de febrero de 1962, hijo del señor Luis Alberto Espinosa y la señora Rosa Esther Calderón Jácome quienes incursionan en los tejidos en el año de 1965. El señor Carlos Espinosa luego de sus estudios secundarios ingresa a la vida militar en el año de 1985 hasta el año 1991, año en el que por asesoramiento de sus padres decide abandonar la carrera militar.

En el mismo año se inicia como un pequeño taller de producción y comercialización de sacos en material acrílico procesado en el año de 1991, su énfasis en aquel momento era la producción de sacos para caballeros.

En el mes de abril de 1992 decide realizar un crédito de un monto de 45.000 (mil) dólares en el Banco Nacional del Fomento dinero con el cual el señor Espinosa adquiere su primera máquina electrónica marca Universal galga ocho y además una máquina de confección, esto hace que su producción se incremente a un promedio de 80 sacos diarios y surge la necesidad de contratar a cinco empleados más.

En enero de 1993 contrae matrimonio con la señora Hipatía Lorena Jácome Andrade y en el mes de noviembre del año 1993 nace su primera hija Gabriela Espinosa Jácome, motivo por el cual deciden poner nombre a la empresa llamada TEJIDOS GABYTEX en honor a su hija GABRIELA. Y desde entonces tejidos Gabytex ha ido incrementando maquinarias con tecnología

avanzada y actualizándose siempre en diseños, lo que ha permitido un incremento en la producción con alrededor de 400 sacos diarios.

El destino de ventas de esta empresa han sido los mercados locales, y los mercados extranjeros como Colombia, Chile, Venezuela, México y Costa Rica, mercados que han quedado satisfechos con la calidad del producto que brinda Tejidos Gabytex.

Para estar siempre a la vanguardia en diseños el señor Carlos Espinosa ha recibido cursos de programación en Alemania.

En la actualidad Tejidos Gabytex cuenta con 15 máquinas para tejeduría, 36 máquinas de confección y dos planchadoras a vapor todas de tecnología avanzada y se dedica a la producción y comercialización de sacos acrílicos para damas, caballeros y niños, con una capacidad de producción de 10.000 prendas mensuales

### **3.2.2. Información General**

#### **Misión**

Es ofrecer a nuestros clientes cada día un producto de mejor calidad con variedad de diseños.

#### **Visión**

Mejorar nuestra empresa cada día a nivel profesional y tecnológico.

### **3.2.3. VALORES DE LA EMPRESA**

Como valores Institucionales:

- Lealtad hacia la organización y el cumplimiento de su misión es lo principal.  
Transparencia y ética en el ejercicio de la actividad organizacional.
- Creatividad en el diseño, desarrollo, elaboración y comercialización de nuestros productos.
- Competitividad en el ejercicio de las actividades.

- Trabajo en equipo durante el ejercicio de la tarea
- Respeto mutuo entre las personas que conforman la organización.

En la parte Personal y Profesional:

- Respeto: por la diferencia, por las personas, por las ideas, por los clientes, por la competencia.
- Innovación: capacidad de reinventarse cada día.
- Excelencia: en el ser y en el hacer.
- Integridad: Mantener unos altos estándares éticos y morales, reflejar honestidad, integridad, fiabilidad y franqueza en todas nuestras relaciones.
- Compromiso con el cliente: Nada es más importante y todo puede esperar si se trata de atenderlo.
- Mejora Continua: buscamos la excelencia en todo lo que somos y hacemos.

Generamos relaciones duraderas y de confianza con nuestros clientes, proveedores y empleados. Nos comprometemos con las normas laborales, ambientales y legales. (Tejidos Gabytex, 2014)

#### **3.2.4. Principales Competidores**

Tejidos Carlex

Tejidos Anahí

Tejidos Karman

Tejidos Lorena

#### **3.2.5. Número de Trabajadores**

La Empresa GABYTEX cuenta con 28 trabajadores, a continuación, se muestran como están distribuidos por departamento.

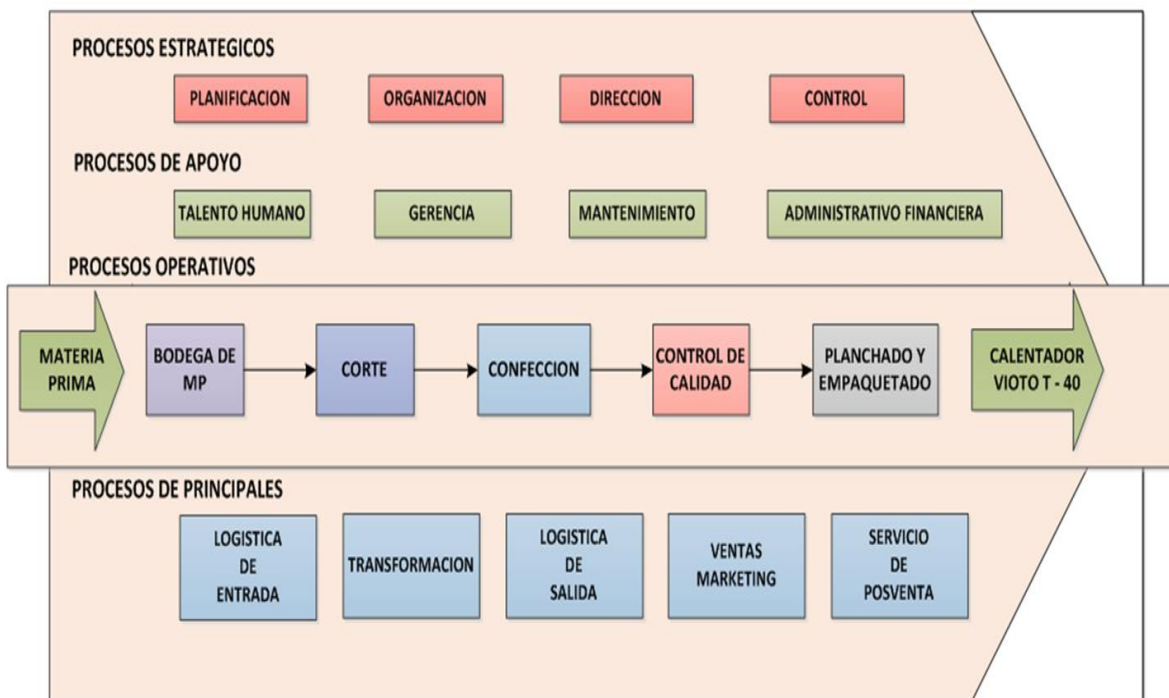


**Tabla 1.***Número de trabajadores***Tabla 3.***Número de trabajadores*

DEPARTAMENTO	ADMINISTRATIVO	OPERATIVO	TOTAL	%
Auxiliar Contable y Secretaria	1	-	1	3,6%
Jefe de Recursos Humanos	1	-	1	3,6%
Tejeduría	-	4	4	14,3%
Tintorería	-	1	1	3,6%
Confección	-	21	21	75,0%
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>100,0%</b>

**Fuente:** Confecciones Gabytex**Elaborado por:** El Autor**3.2.6. Macro proceso**

Se representa gráficamente el macro proceso de la Empresa Gabytex que define y refleja la estructura y relación de los diferentes procesos del sistema de gestión de una organización, para lo cual debemos identificar los procesos que intervienen. Para obtener una visión de conjunto del sistema de gestión de la organización, resulta de gran utilidad realizar agrupaciones de varios procesos en función del tipo de actividad y de su importancia

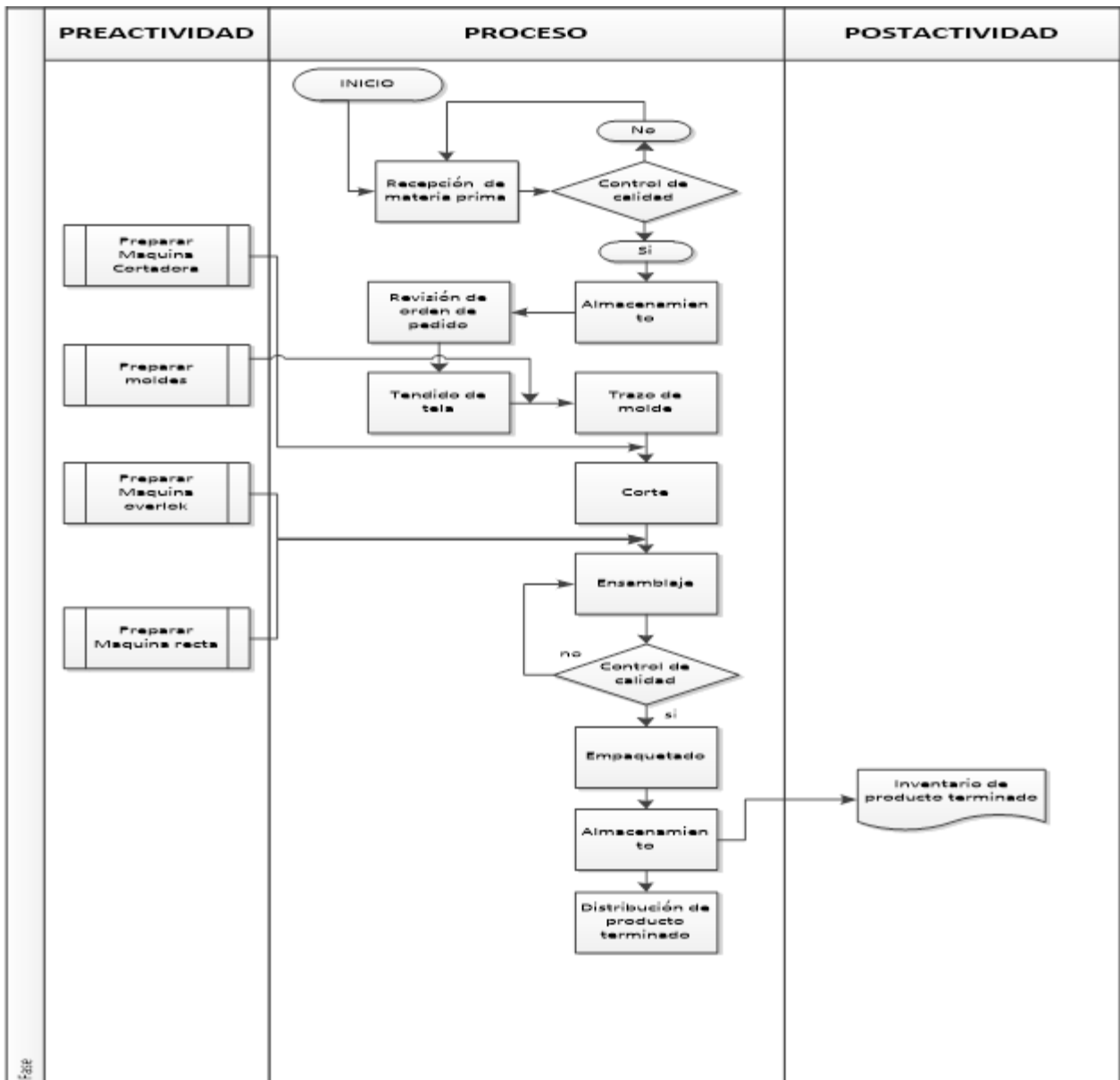


**Figura 4.** Macro Proceso de GABYTEX

**Fuente:** Confecciones Gabytex      **Elaborado por:** El Autor

### 3.2.7. Mesoproceso

Se ha relacionado las actividades de la Empresa describiéndolas a detalle de acuerdo a su tipo y actividad. En este diagrama podemos evidenciar la relación directa de algunos procesos en la Empresa Gabytex según la representación en flujogramas.



**Figura 5. meso Proceso de GABYTEX**

Fuente: Confecciones GABYTEX

Elaborado por: El Autor

### **3.2.8. Situación Actual del Proceso**

#### **3.2.8.1. Descripción del proceso de elaboración de Sacos de Lana**

En la línea de producción se elaboran tres tallas diferentes de sacos de Lana, la M, L y XL, el estudio y las mediciones se las realizara en la talla XL. En esta área trabajan 26 personas las cuales realizan diferentes tareas.

#### **3.2.8.2. Proveedores**

Textiles Texa (Acrílico)

Ditexco (Acrílico)

Dmauri (Botones, Cierres, Hilos)

Quifatex **QSI** (Colorantes)

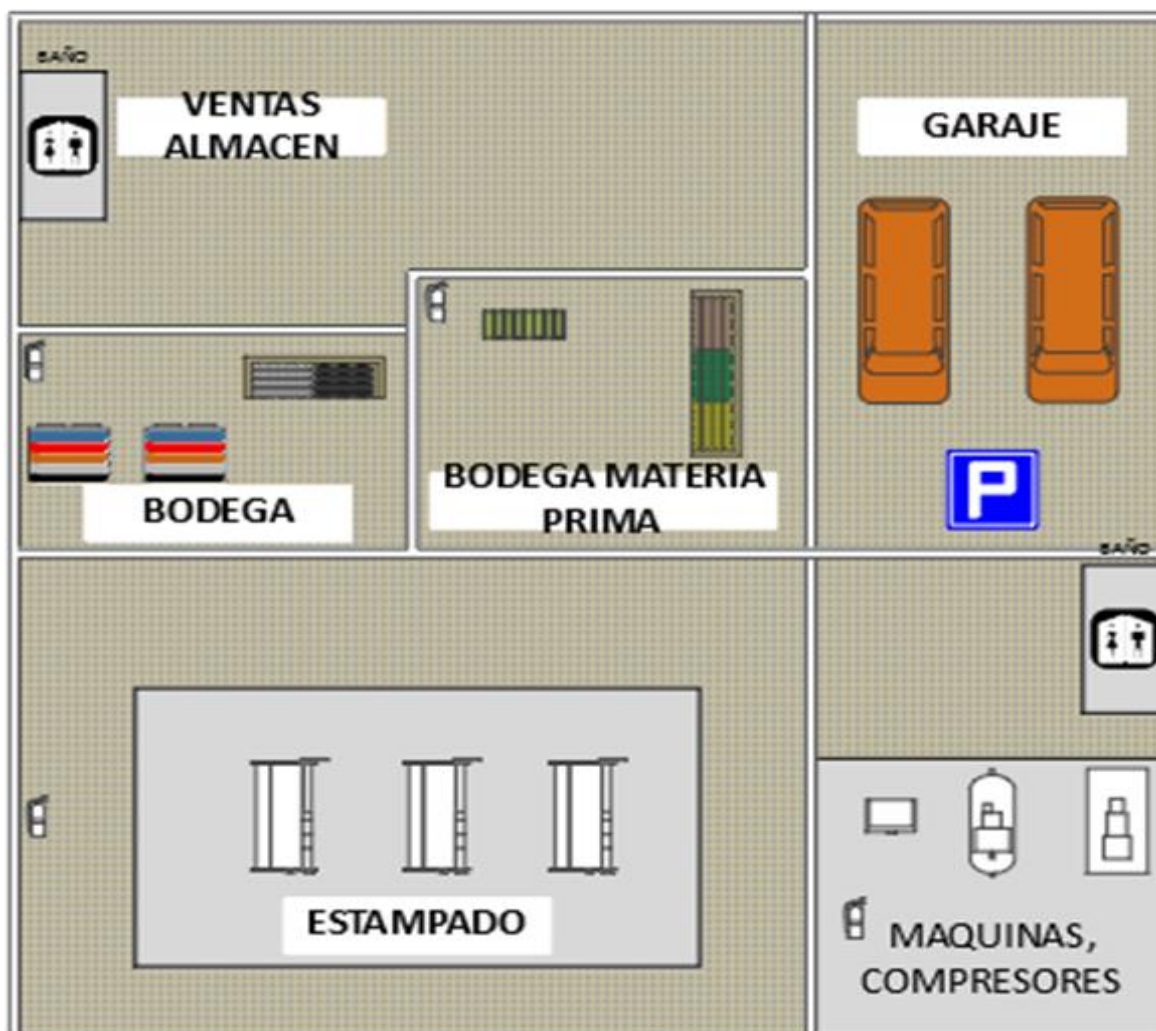
Dichen Ecuador (Químicos para Caldero)

### **3.2.9. Política de calidad**

GABYTEX, tiene como política de calidad, mejorar en forma continua sus actividades de diseño, producción y comercialización de productos de moda informal con marcas propias, para lograr que sus productos, procesos y servicios brinden satisfacción y beneficio a sus clientes, enfocando sus esfuerzos en contar siempre con un recurso humano competente con base en su educación, formación, habilidades y experiencia (Gabytex, 2014).

### **3.2.10. Distribución de planta**

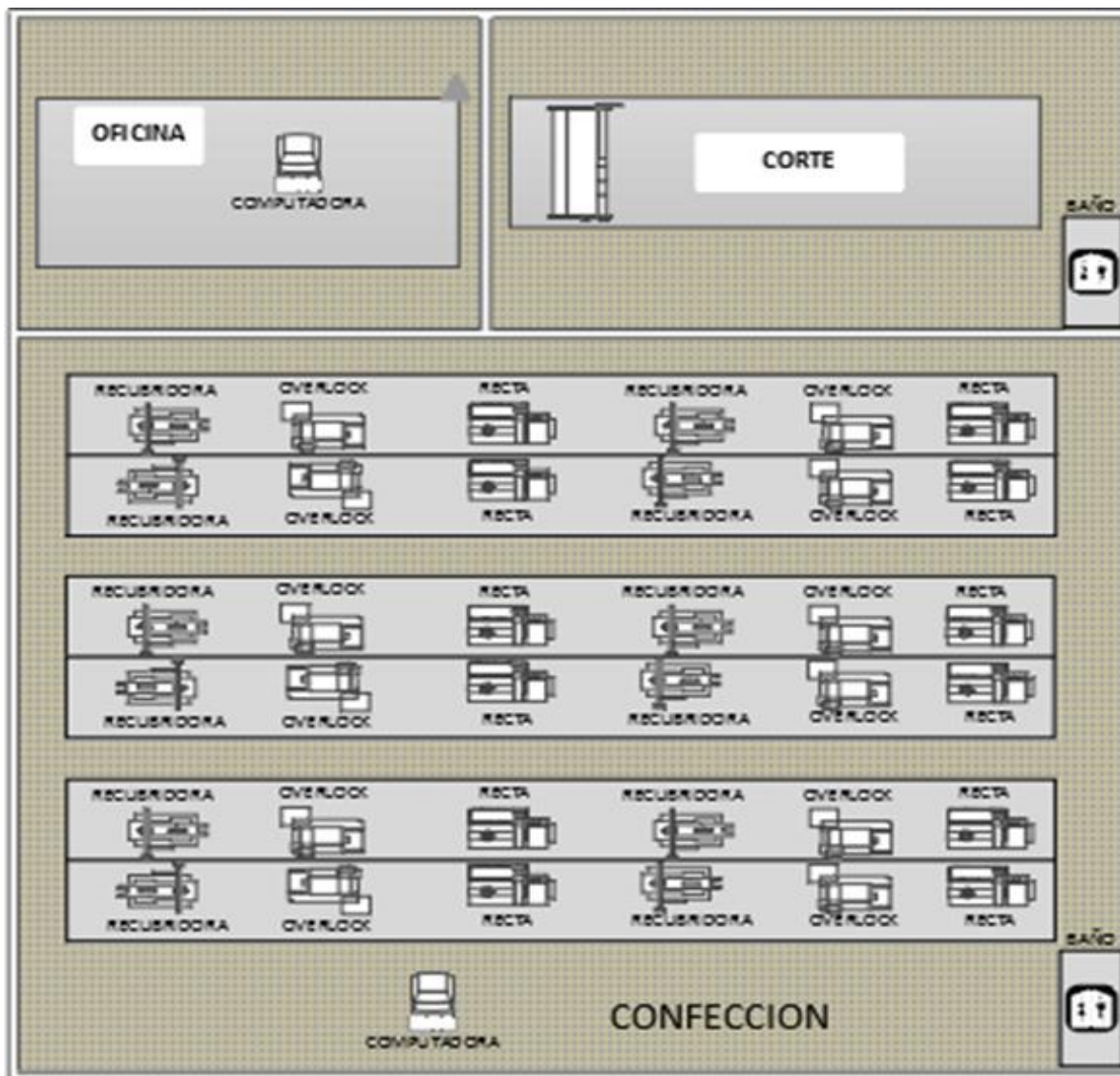
En la Empresa Tejidos Gabytex, se encuentran todas las áreas de producción: Bodega, Corte, Estampado, Costura o Confección, Pulido Lavandería Empaque y el área de Almacenamiento y Despacho. Es así que la distribución de la planta de la empresa GABYTEX., es la siguiente:



**Figura 6.** Distribución de primera planta

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor



**Figura 7.** Distribución de segunda planta

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor



## CAPITULO IV

### 4. DISEÑO DEL CONTROL ESTADÍSTICO

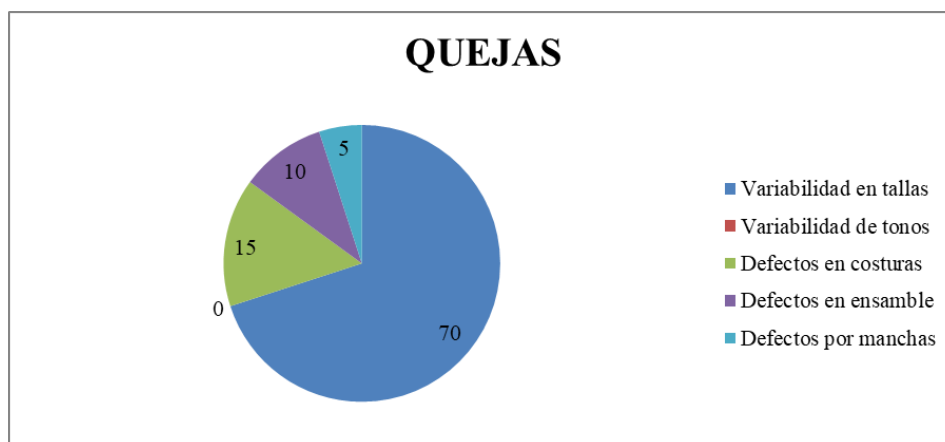
#### 4.2.FASE DEFINIR

##### 4.2.1. Voz del cliente

Es necesario llegar a la voz del cliente para conocer los requerimientos del cliente y para satisfacer una necesidad o deseo. Cuando dichas necesidades y/o deseos se encuentran insatisfechas, esto causa problemas a la empresa como:

- Quejas
- Bajas compras
- Reclamos
- Devoluciones
- Descuentos, etc.

En primer lugar, se ha realizado una encuesta en la que se solicita información necesaria para evidenciar las principales fallas del producto evaluado. La encuesta se realizó a los principales clientes de la empresa GABYTEX; clientes tanto internos como externos. Los resultados que arrojó la encuesta se detallan a continuación:



**Figura 8.** Tabulación de datos de encuesta

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

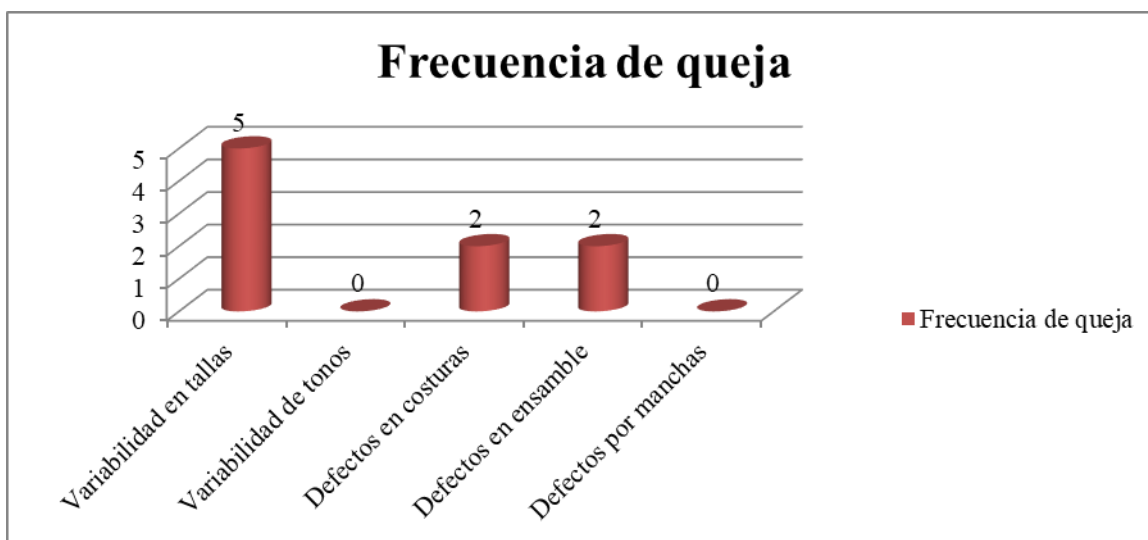
**Elaborado por:** El Autor



La variable variabilidad de tallas es una de las principales quejas que se dan de parte de los clientes y que genera mayor insatisfacción, seguidamente de defectos en costuras. Por lo que es necesario hacer mejoras principalmente en los procesos que generan esta variable.

Frecuencia con la que se producen las quejas anteriormente mencionadas.

Tomando en cuenta que 1 es poco frecuente y 5 es muy frecuente.

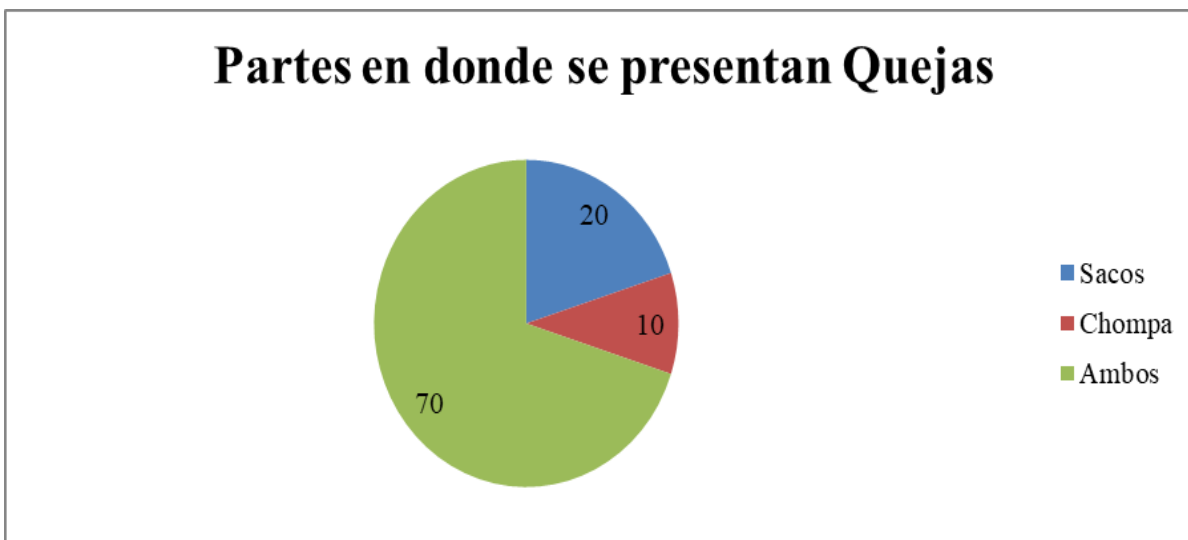


**Figura 9.** Frecuencia de quejas

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

De acuerdo al anterior diagrama se ha podido concluir que de acuerdo a los clientes la variabilidad de tallas es una de las variables con más frecuencia que se evidencia en los sacos de lana.



**Figura 10.** Partes donde se presentan las quejas

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor



**Figura 11.** Precio del producto

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.2.2. Matriz de priorización

**Tabla 4.**

*Criterios VS alternativas*

	ALTERNATIVAS
<b>A</b>	Variabilidad de tallas
<b>B</b>	Variabilidad de tonos
<b>C</b>	Defectos en costura
<b>D</b>	Defectos en ensamble
<b>E</b>	Defectos por mancha

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

La matriz de priorización se utiliza para establecer la prioridad entre varias alternativas planteadas por el equipo ya que resulta más fácil escoger la mejor alternativa el consenso del equipo es “automáticamente” construido dando valores entre 1 y 9 en orden de importancia sabiendo que 9 es el más importante

- ✓ Los criterios están descritos en las líneas.
- ✓ Las columnas se refieren a los mismos criterios

**Tabla 5.**

*Matriz de primer nivel*

	CRITERIOS	A	B	C	D	suma	Ponderación
<b>A</b>	bajo Costo de implementacion		9	3	7	19	32%
<b>B</b>	corto tiempo de implementacion	1		3	5	9	15%
<b>C</b>	impacto sore el costo unitario de produccion	7	7		7	21	35%
<b>D</b>	facilidad de la implementación	3	5	3		11	18%
						60	100%

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

Se ha llegado a obtener que el mejor criterio es el impacto sobre el costo unitario de producción con un 35%.

A continuación, se analiza el primer criterio bajo costo de implementación con relación a cada una de las alternativas dando valores igualmente que al inicio entre 1 y 9.

**Tabla 6.**  
*Matriz de segundo nivel*

BAJO COSTO DE IMPLEMENTACIÓN		A	B	C	D	E	suma	ponderacion
A	Variabilidad de tallas		1	3	5	3	12	12%
B	Variabilidad de tonos	9		3	5	5	22	22%
C	Defectos en costura	7	7		5	3	22	22%
D	Defectos en ensamble	5	5	5		3	18	18%
E	Defectos por mancha	7	5	7	7		26	26%
							100	100%

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

Se llega a obtener que la mejor alternativa con respecto al bajo costo de implementación en esta tabla es defectos de mancha con un 26%.

En esta tabla se analiza las diferentes alternativas con el criterio corto tiempo de implementación de igual manera dando valores entre 1 a 9.

**Tabla 7.**  
*Matriz de tercer nivel*

CORTO TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN		A	B	C	D	E	suma	ponderacion
A	Variabilidad de tallas		9	7	5	9	30	30%
B	Variabilidad de tonos	1		5	7	5	18	18%
C	Defectos en costura	3	5		3	7	18	18%
D	Defectos en ensamble	5	3	7		7	22	22%
E	Defectos por mancha	1	5	3	3		12	12%
							100	100%

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

Se llega a obtener que en esta tabla la mejor alternativa es la variabilidad de tallas con respecto al corto tiempo de implementación con un 30%.

En esta tabla se analiza el criterio impacto sobre costo unitario de producción con cada una de las alternativas dando valores de igual manera de 1 a 9.

**Tabla 8.**  
**Matriz de cuarto nivel**

IMPACTO SOBRE EL COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN		A	B	C	D	E	suma	ponderacion
A	Variabilidad de tallas		9	7	7	9	32	32%
B	Variabilidad de tonos	1		3	3	5	12	12%
C	Defectos en costura	3	7		3	7	20	20%
D	Defectos en ensamble	3	7	7		9	26	26%
E	Defectos por mancha	1	5	3	1		10	10%
							100	100%

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

El resultado obtenido en esta tabla que la mejor alternativa con respecto al criterio impacto sobre el costo unitario de producción es variabilidad de tallas con un 32%.

Finalmente se culmina analizando el último criterio que es facilidad de implementación con cada una de las alternativas dando valores de 1 a 9 en orden de importancia.

**Tabla 9.**  
*Matriz de quinto nivel*

FACILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN		a	b	c	d	e	suma	ponderacion
A	Variabilidad de tallas		1	3	5	3	12	12%
B	Variabilidad de tonos	9		5	7	7	28	28%
C	Defectos en costura	7	5		3	5	20	20%
D	Defectos en ensamble	5	3	7		3	18	18%
E	Defectos por mancha	7	3	5	7		22	22%
							100	100%

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

El resultado obtenido en esta tabla que la mejor alternativa con respecto al criterio facilidad de implementación es variabilidad de tonos con un 28%.

#### 4.2.3. Matriz síntesis

Las puntuaciones finales establecen la prioridad, y se calculan como la media ponderada entre los pesos de cada criterio y los grados de adecuación correspondientes.

**Tabla 10.**  
*Matriz de síntesis*

MATRIZ DE SÍNTESIS					
	Bajo Costo de implementación	Corto tiempo de implementación	Impacto sobre el costo unitario de producción	Facilidad de la implementación	
	32%	15%	35%	18%	<b>Porcentaje</b>
<b>Variabilidad de tallas</b>	12%	30%	32%	12%	<b>22%</b>
<b>Variabilidad de tonos</b>	22%	18%	12%	28%	19%
<b>Defectos en costura</b>	22%	18%	20%	20%	20%
<b>Defectos en ensamble</b>	18%	22%	26%	18%	21%
<b>Defectos por mancha</b>	26%	12%	10%	22%	18%

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

Los resultados de la matriz síntesis al finalizar todas las tablas de las alternativas con cada uno de los criterios se obtienen que la mejor alternativa sea la variabilidad de tallas al obtener el mayor porcentaje con 22%. Debido a los resultados realizados el proyecto se enfocará en reducir la variabilidad de tallas en ese defecto principalmente.

#### 4.2.4. Lluvia de Ideas

Se ha realizado esta herramienta estableciendo un formato y haciendo una reunión con las principales operadoras de cada área y adquirir sus ideas de donde es el sitio principal o las causas que generan el defecto variabilidad de tallas. Los resultados los desplegamos a continuación:

##### 4.2.4.1. Área Tendido de Tela

- El tiempo de reposos de la tela es muy corto.
- Cuando no se da un tratamiento distinto de acuerdo al tipo de tela

#### **4.2.4.2. Área Trazo de Moldes**

- Mal uso de herramientas para medir
- No revisar el buen estado del molde.
- Por ahorro los moldes se les ubica demasiado juntos.

#### **4.2.4.3. Área Corte**

- Coloca demasiadas capas de tela en la maquina cortadora, en tela se debe colocar máximo 40 capas.
- Cuando el corte es manual es más fácil cometer errores ya sea porque no se maneja adecuadamente a la tijera o igualmente se corta muchas capas.

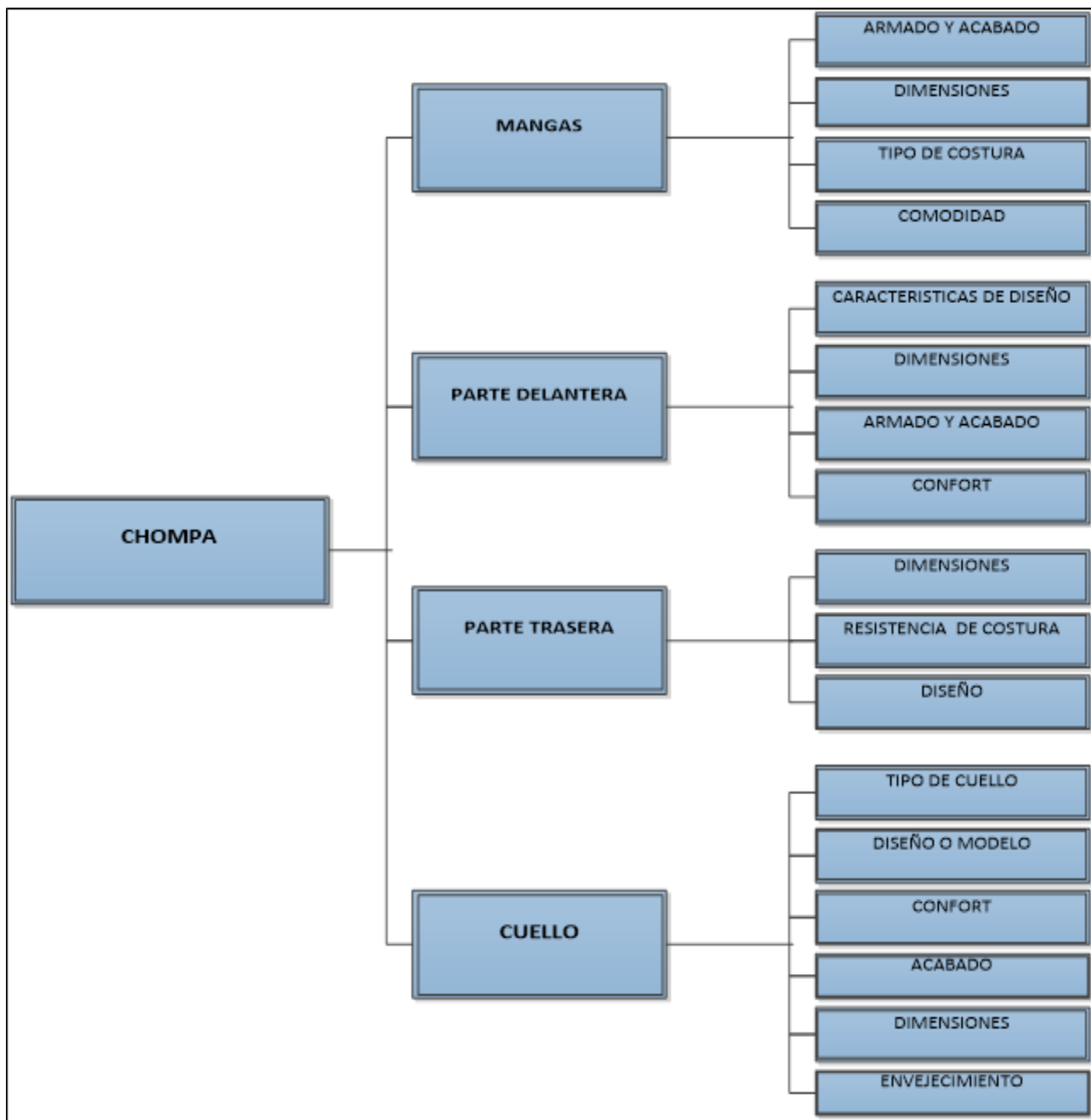
#### **4.2.4.4. Ensamble**

- Cuando la prenda viene con defectos de áreas anteriores se trata de arreglar
- Cuando el corte ha sido reducido respecto al molde y es necesario cocer por lo cual se reduce la talla.
- Cuando a las maquinas se les desvía la aguja.

#### **4.2.5. Herramienta Critical –ToFlowdown**

Mediante la siguiente herramienta analizaremos las actividades de las empresas Gabytex a través de los requerimientos del cliente, pasa a los requerimientos críticos del producto (Saco de lana) CTY, y llega a los requerimientos críticos de los procesos CTX que permiten obtener ese producto. Para obtener estas características se ha realizado una previa investigación a través de la lluvia de ideas.

#### 4.2.6. Características CTY



**Figura 12.** Proceso crítico del producto

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

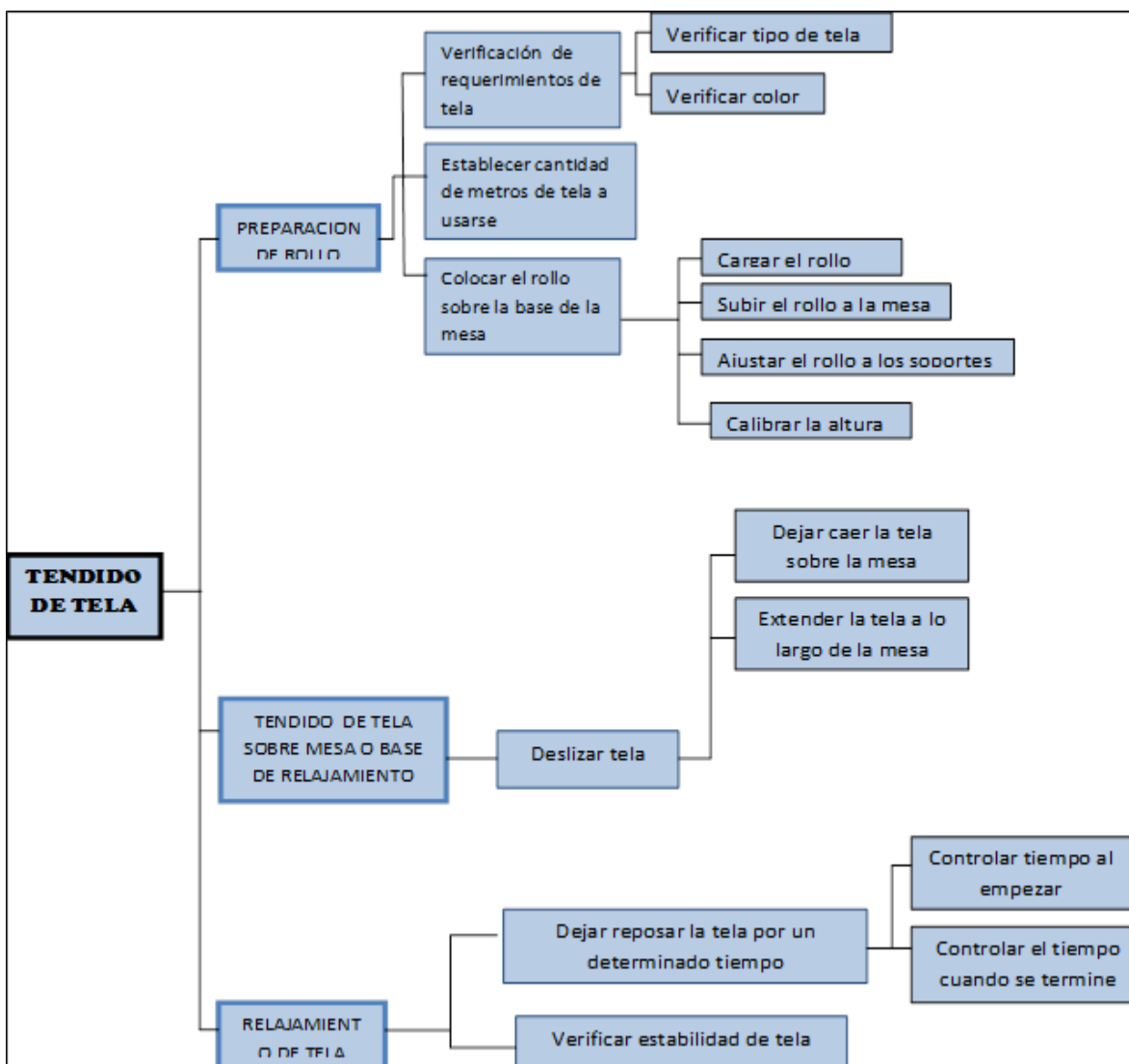
**Elaborado por:** El Autor



#### 4.2.7. Características CTX

Mediante estas características se ha evaluado el (sub) conjunto de elementos y parámetros del proceso que afectan de manera significativa las CTY evaluadas anteriormente.

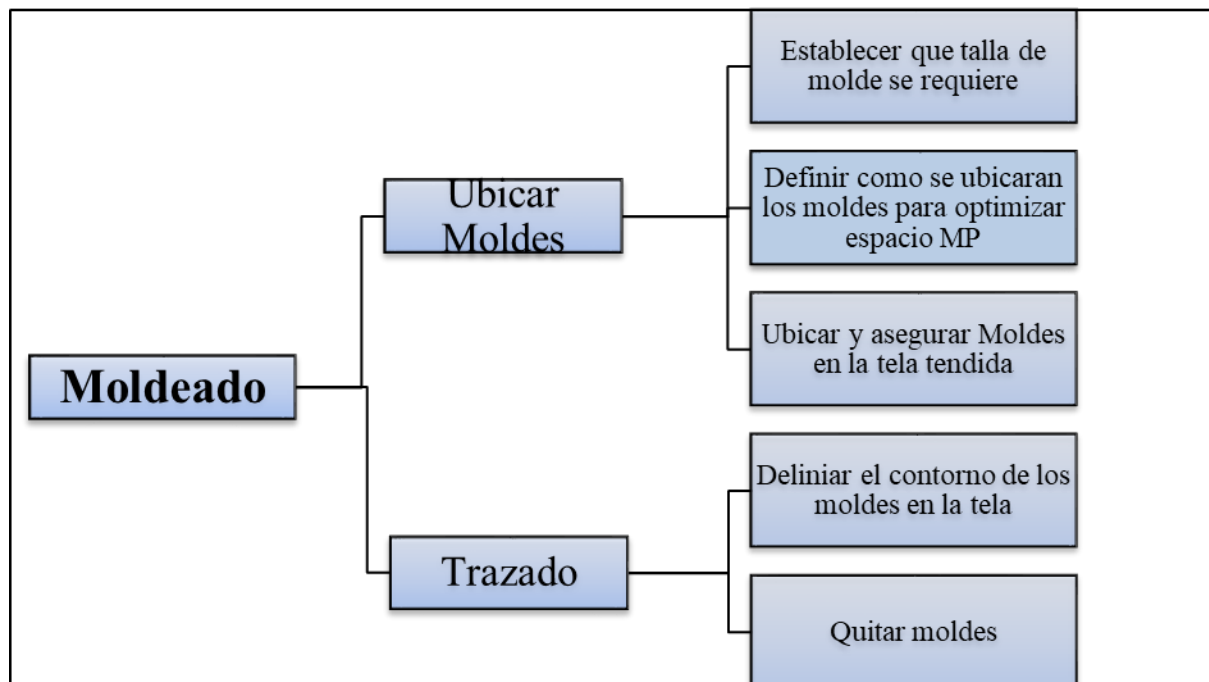
A continuación, se detallan los 5 árboles CTX más apropiados para evaluar el proceso:



**Figura 13.** Requerimiento crítico del proceso de tendido de tela

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

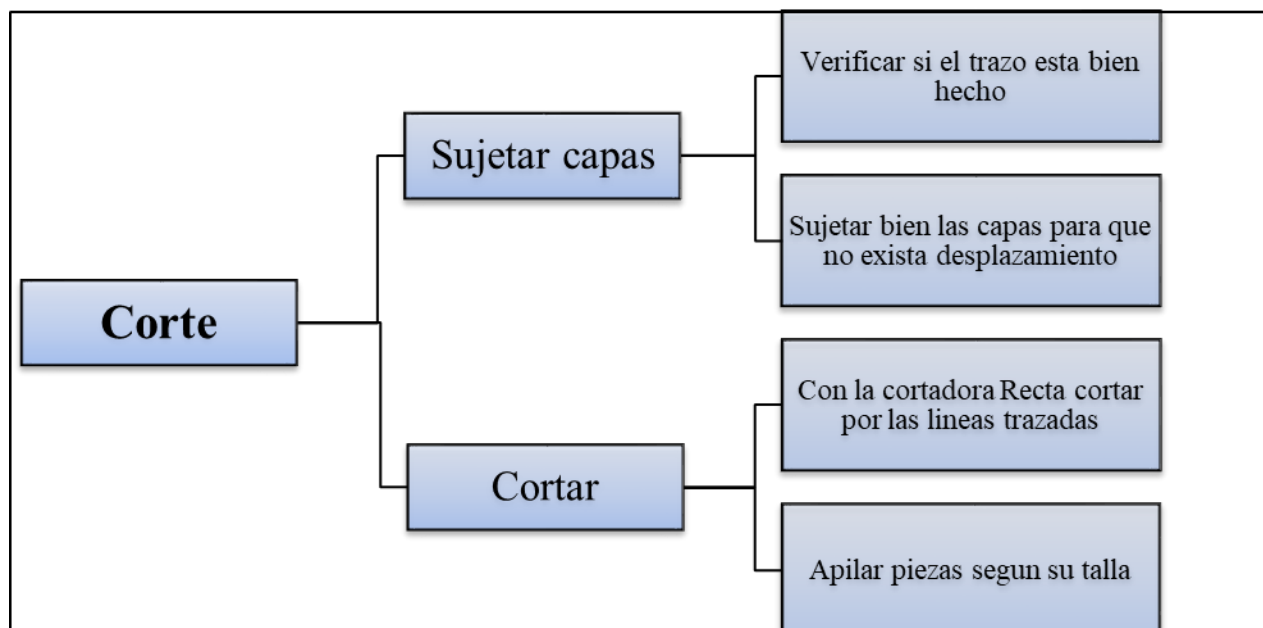
**Elaborado por:** El Autor



**Figura 14.** Requerimiento crítico del proceso de moldeado

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

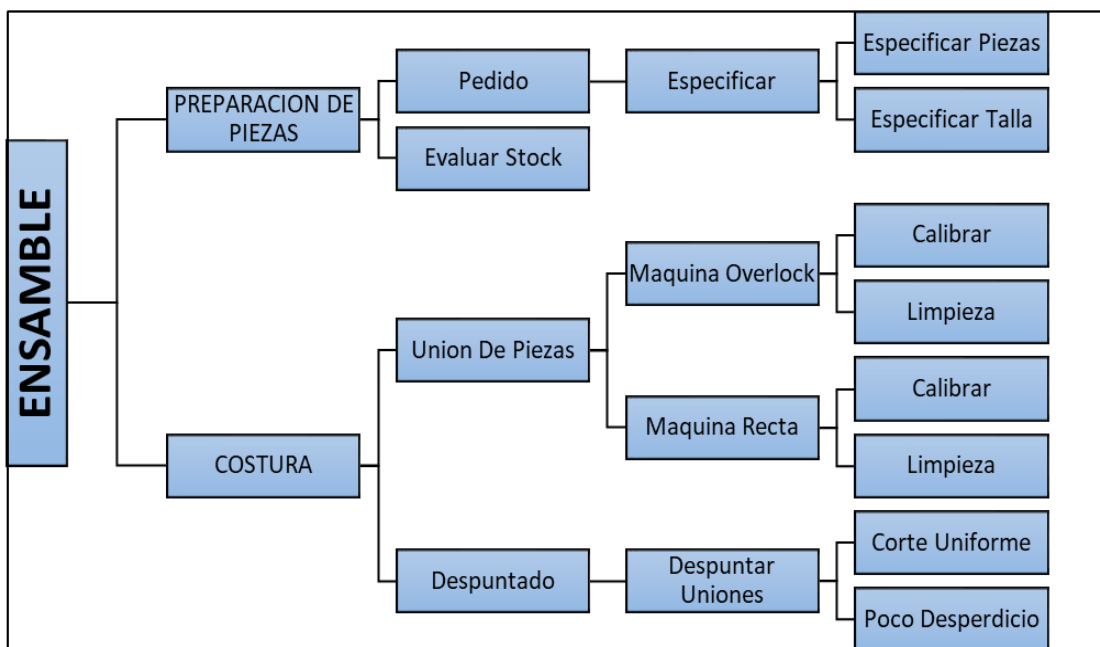
**Elaborado por:** El Autor



**Figura 15.** Requerimiento crítico del proceso de corte

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

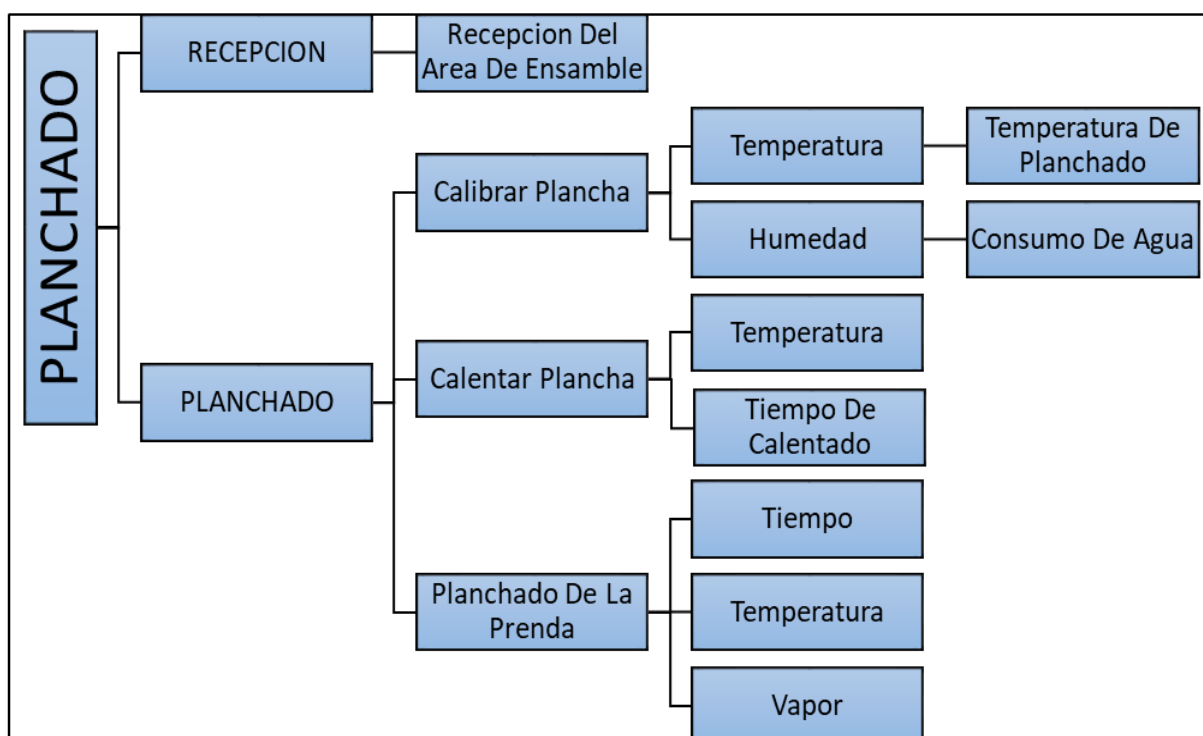
**Elaborado por:** El Autor



**Figura 16.** Requerimiento crítico del proceso de ensamble

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor



**Figura 17.** Requerimiento crítico del proceso de planchado

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

De acuerdo a los análisis realizados con las herramientas en la fase definir se ha podido evidenciar que se debe atacar principalmente al problema de variabilidad de tallas, ya que es la variable que genera mayor problema e insatisfacción a los clientes de la empresa, también se ha descrito y caracterizado las tareas que podrían estar generando las fallas en los sacos de lana concluyendo que el proceso de confección es el único que contribuye a dichas fallas.

### 4.3.FASE MEDIR

#### 4.3.1. Productividad

Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. En nuestro caso es el ensamblaje de un calentador deportivo a un menor costo a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción: materiales, talento humano y maquinas, elementos sobre los cuales las acciones del ingeniero industrial deben enfocar sus esfuerzos para aumentar los índices de productividad actual y, esta forma, reducir los costos de producción.

Utilizamos la siguiente formula:

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\text{Productos Obtenidos}}{\text{Inputs Empleados}}$$

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{25 \text{ sacos}}{(4.5h * \frac{20.9\$}{h}) + 190\$ + 104\$ + (30sacos * \frac{25\$}{saco})}$$

$$* \frac{(4.5h * \frac{20.9\$}{h}) + 190\$ + 104\$ + (30sacoe * \frac{25\$}{sacoe})}{25}$$

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{25 \text{ sacoe}}{(1138.05\$)} * \frac{(1138.05\$)}{25sacoe}$$

$$PRODUCTIVIDAD = 0.02196 * 45.522$$

$$PRODUCTIVIDAD=0.9996$$

Después de haber analizado los diferentes parámetros de inputs empleados y los productos (sacos) obtenidos se determina que la productividad de la empresa es de 0,9996.

#### **4.3.2. Muestreo**

Se ha realizado un muestreo sistemático en el que se aplica las fórmulas correspondientes para obtener los valores de cuantas prendas se debe seleccionar y cada cuantas se selecciona. De acuerdo a este muestreo se debe seleccionar 8 sacos para muestrear, se deja pasar 5 sacos y se vuelve a seleccionar 8 sacos, este procedimiento es repetitivo hasta obtener el número de muestras requerido.

El Muestreo se realiza en el proceso de planchado y también en el proceso de corte. Se ha trabajado principalmente con el saco empacado porque es el producto que se entrega al cliente y genera insatisfacción al cliente.

#### **4.3.3. Tamaño de Muestra**

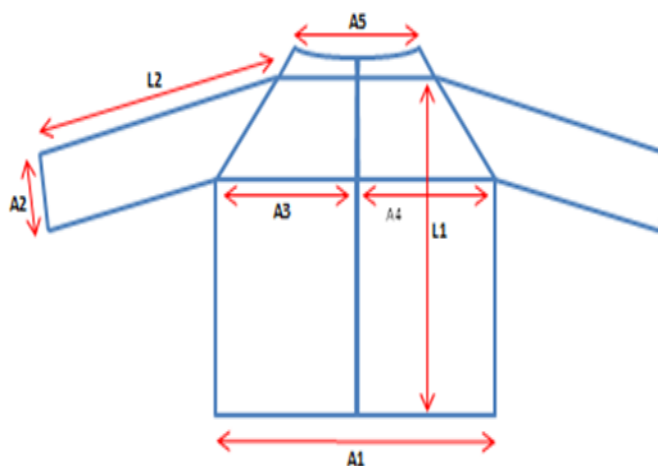
El tamaño de la población es de un lote de 300 sacos y se procede a determinar el tamaño de la muestra mediante la siguiente formula:

$$n = (Z \frac{\alpha}{2} \times \vartheta) / E$$

Este cálculo arroja el siguiente valor de 150.

Una vez que se obtiene el tamaño de la muestra procedemos a levantar el conjunto de datos en el proceso de corte y cuando el saco ya está listo es decir que ya ha pasado por el proceso de planchado, el proceso de muestreo se realiza en estas etapas de la confección del saco ya que son etapas en donde se puede evidenciar las causas de la variabilidad de tallas.

Se toma 150 muestras de un lote de 300 calentadores mediante el proceso de muestreo tanto en corte como en planchado; para ello se ha tomado en cuenta para las siguientes variables para realizar las mediciones:



**Figura 18.** Diseño del producto

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

**Tabla 11.**

*Variables evaluadas en las Mediciones del Muestreo*

SACO	
L1	Largo cuerpo
L2	Largo manga
A1	ancho espalda
A2	ancho manga
A3	delantero derecha
A4	delantero izquierdo
A5	ancho cuello

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

Como anteriormente hemos definido que la variabilidad está en las tallas, es decir hay desigualdad en los bajos del saco procedemos a tomar en cuenta solo la variable **L1** que significa el largo del cuerpo.

#### **4.3.4. Cálculo de los índices de capacidad para el saco terminado.**

Se procede a calcular los índices de capacidad a corto plazo del saco cuando este ya está listo para ser entregado, se puede realizar este procedimiento gracias al muestreo realizado en el producto anteriormente y mediante cálculos se llega a obtener la información necesaria para obtener los índices.

Hemos procedido a realizar 30 subgrupos cada uno de 5 muestras para hacer más fácil el manejo de los datos, de cada subgrupo se ha procedido a hacer la media y el rango y posteriormente calcular los límites superior e inferior aplicando las fórmulas descritas en la metodología.

**Tabla 12.**  
Cálculo de los índices de capacidad para L1 saco

N Subgrupos	Muestras L1					Media	Rango
1	101,4	101,7	100,4	102	101,2	101,34	1,6
2	102,1	101	100,8	102,2	101,9	101,6	1,4
3	101,3	101,5	102,1	103	100	101,58	3
4	101,5	102,2	100,7	100,5	100,5	101,08	1,7
5	100,2	102	99,7	99,7	101,6	100,64	2,3
6	100	100,3	100,6	100,4	100	100,26	0,6
7	100,6	99,6	100,6	101,6	100,4	100,56	2
8	100,7	102,1	100,2	101,6	100,5	101,02	1,9
9	100	99,7	100,4	99,7	101,6	100,28	1,9
10	100	99,7	102,1	100	100,8	100,52	2,4
11	100,8	101,2	100,5	101,9	102,2	101,32	1,7
12	101,6	100,5	102,2	102,1	100,5	101,38	1,7
13	101,4	102,3	100,4	99,5	100,5	100,82	2,8
14	101,5	100,8	99,9	101,8	100,5	100,9	1,9
15	101,2	102,1	101,4	100,6	99,8	101,02	2,3
16	100,5	100,7	100,1	99,7	102,2	100,64	2,5
17	102	101,3	101,8	100,7	101,7	101,5	1,3
18	102,1	100,9	101,5	102,2	100,5	101,44	1,7
19	100,9	101,4	99,3	100,3	101,4	100,66	2,1
20	102,3	102,5	100,5	99,9	100,1	101,06	2,6
21	102	101,3	101,8	100,7	101,7	101,5	1,3
22	100,5	101,2	102,1	101,4	100,6	101,16	1,6
23	100	100,6	99,6	102,1	100,9	100,64	2,5
24	101,5	100,5	101,9	102,2	101,6	101,54	1,7
25	101,3	101,8	100,7	101,4	100,6	101,16	1,2
26	99,8	100,5	99,7	101,9	101,5	100,68	2,2
27	100,5	101,3	101,8	100,5	102,2	101,26	1,7
28	102	101,3	102	101,3	101,8	101,68	0,7
29	100,7	101,7	101,3	101,8	100,7	101,24	1,1
30	101,4	100,7	100,5	100,5	102,2	101,06	1,7
						101,05	1,84

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

Los índices de capacidad a corto plazo de la variable especificada en el proceso de planchado, se han obtenido los siguientes resultados.



**Tabla 13.**  
**Interpretación de los índices**

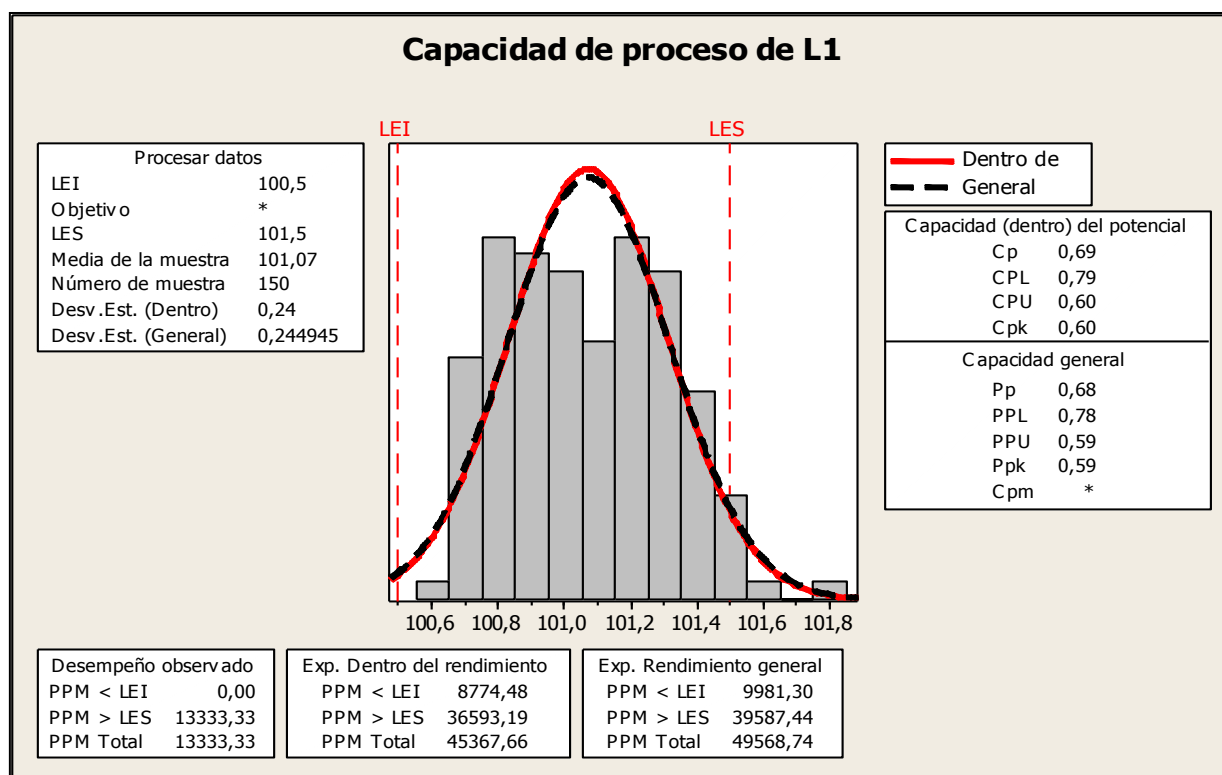
DATOS:		VALOR
MEDIA POBLACIONAL	( $\mu$ )	101,07
DESVIACION ESTANDAR	( $\sigma$ )	0,23
VARIANZA	( $\sigma^2$ )	0,05
VALOR CENTRAL OPTIMO	VCO/N	101
ESPECIFICACION INFERIOR	LEI	100,5
ESPECIFICACION SUPERIOR	LES	101,5
NUMERO DE DATOS	n	150

No toma en cuenta el centrado del proceso		
Cp	Indice Capacidad Potencial Del Proceso Corto Plazo	0,71
Cr	Indice Razon de Capacidad	1,40
Procesos Centrados		
Cpi	Indice de Capacidad Real Inferior	0,81
Cps	Indice de Capacidad Real Superior	0,62
Cpk	Indice de Capacidad Real <b>Mínimo</b> ( Cpi ; Cps)	<b>0,62</b>
K	Indice de decentrado del proceso o de localizacion %	13%
$\zeta$	Variabilidad y Centrado	0,24
Cpm	Indice de Taguchi	0,69
3Cpk	Valor del indice a corto plazo (Verificar en la tabla)	<b>0,6</b>

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

## INDICES DE CAPACIDAD PARA L1 SACO



**Figura 19. Capacidad de proceso del largo del saco**

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

### 4.3.4.1. Interpretación de los índices de capacidad de la muestra l1 del saco en el proceso de planchado

#### 4.3.4.1.1. Índice $C_p$

El índice de capacidad potencial del proceso  $C_p$ , compara el ancho de las especificaciones o variación tolerada para el proceso, con la amplitud de la variación real del proceso:

Para una mayor precisión en la interpretación, la siguiente tabla se presenta cinco categorías de procesos que dependen del valor del índice  $C_p$ , suponiendo que el proceso está centrado. Ahí se ve

que el  $C_p$  debe ser mayor que 1,33 si se quiere tener un proceso bueno, pero debe ser mayor o igual que 2 si se quiere tener un proceso de clase mundial.

**Tabla 14.**

*Clase o categoría del proceso*

Valor del índice $C_p$	Clase o categoría de proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
$C_p > 1,33$	1	Adecuado
$1 < C_p \leq 1,33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto
$0,67 < C_p \leq 1$	3	No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
$C_p \leq 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere modificaciones muy serias
Nota: Si el $C_{pk} < C_p$ , entonces una vez que se centre el proceso se tendrá la clase de proceso que se indica		

**Fuente:** (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009)

**Elaborado por:** El Autor

El índice  $C_p$  de la variable L1 es de 0,71 lo cual nos dice que tenemos un proceso que no cumple con las especificaciones, lo catalogamos como un proceso clase 3 es decir no adecuado para el trabajo, necesitamos analizar el proceso ya que requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria para con los clientes.

#### 4.3.4.1.2. Índice $C_r$

Se conoce como razón de capacidad potencial  $C_r$ , el cálculo indica la capacidad potencial del proceso que divide la amplitud de la variación natural de éste entre la variación tolerada. Representa la proporción de la banda de especificaciones que es cubierta por el proceso.

El índice  $C_r$  de la variable L1 es de 1,40 podemos llegar a la conclusión que nuestro proceso es deficiente ya que lo ideal sería un  $C_r$  menor que 1, ya que el índice  $C_r$  es el inverso del  $C_p$ , lo que quiere decir que compara la variación real frente a la variación tolerada.

#### 4.3.4.1.3. Índices $C_{pk}$ , $C_{pi}$ , $C_{ps}$

Se evalúa por separado el cumplimiento de las especificaciones inferior y superior, a través del índice de capacidad para la especificación inferior ( $C_{pi}$ ), y el índice de capacidad para la superior ( $C_{ps}$ ),

El índice ( $C_{pk}$ ) se conoce como el índice de capacidad real del proceso

**El índice  $C_{pk}$  de la variable L1 es de 0,62** el valor más pequeño de entre ( $C_{pi}$ ) y ( $C_{ps}$ ), es decir, el índice  $C_{pk}$  es igual al índice unilateral más pequeño, entonces nuestro proceso no cumple con por lo menos una de las especificaciones, ya que lo ideal sería tener un  $C_{pk}$  mayor que 1,25.

#### 4.3.4.1.4. Índice K

Evaluaremos con este índice si la distribución de la característica de calidad está centrada respecto a las especificaciones, por ello es útil calcular el índice de centrado del proceso (K).

**El índice K de la variable L1 es del 13%** como se aprecia el proceso está descentrado, tiene un desfase hacia la derecha de un 13% con respecto al valor nominal en la campana de Gaus.

Este indicador mide la diferencia entre la media del proceso,  $\mu$ , y el valor objetivo o nominal (N), para la correspondiente característica de calidad, y a esta diferencia la compara contra la mitad de la amplitud de las especificaciones. El hecho de multiplicar por 100 ayuda a tener una medida porcentual.

#### 4.3.4.1.5. Índice $C_{pm}$ (índice de taguchi)

**El índice  $C_{pm}$  de la variable L1 es 0,69** lo que nos quiere decir que el proceso no cumple con especificaciones, ya sea por problemas de centrado o por exceso de variabilidad, en nuestro caso por ambas aunque es considerable el exceso de variabilidad.

Lo ideal sería que el índice  $C_{pm}$  sea mayor que uno, eso quiere decir que el proceso cumple con especificaciones, y en particular que la media del proceso está dentro de la tercera parte central de la banda de las especificaciones. Si  $C_{pm}$  es mayor que 1.33, entonces el proceso cumple con especificaciones, pero además la media del proceso está dentro de la quinta parte central del rango de especificaciones.

El valor  $3C_{pk}$  de la variable L1 es 0,6 el cual observamos en la figura 9. Tabla de Índices  $C_p$ ,  $C_{pi}$  y  $C_{ps}$  en términos de la cantidad de piezas malas; bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación.

**Tabla 15.**  
*Tabla de valores de los índices*

VALOR DEL ÍNDICE (CORTO PLAZO)	PROCESO CON DOBLE ESPECIFICACIÓN (ÍNDICE $C_p$ )		CON REFERENCIA A UNA SOLA ESPECIFICACIÓN ( $C_{pk}$ , $C_{pi}$ , $C_{ps}$ )	
	% FUERA DE LAS DOS ESPECIFICACIONES	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)	% FUERA DE UNA ESPECIFICACIÓN	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)
0.2	54.8506%	548 506.130	27.4253%	274 253.065
0.3	36.8120%	368 120.183	18.4060%	184 060.092
0.4	23.0139%	230 139.463	11.5070%	115 069.732
0.5	13.3614%	133 614.458	6.6807%	66 807.229
0.6	7.1861%	71 860.531	3.5930%	35 930.266
0.7	3.5729%	35 728.715	1.7864%	17 864.357
0.8	1.6395%	16 395.058	0.8198%	8 197.529
0.9	0.6934%	6 934.046	0.3467%	3 467.023

**Fuente:** (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2009)

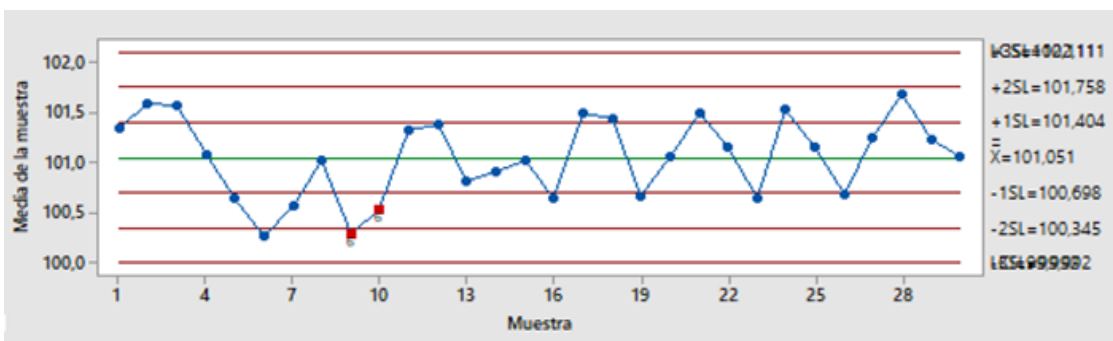
**Elaborado por:** El Autor

#### 4.3.5. Cartas de Control para la variable L1 (saco) en proceso de planchado

A continuación, se realiza un análisis mediante la herramienta cartas de control en donde podremos evidenciar los cambios que ha surgido a través de todo el muestreo y poder detectar los puntos en donde existen mayores cambios es decir si las medidas están dentro de los límites de control o fuere de ellos. Lo más importante de las cartas de control es saber analizarlas para poder identificar cualquier tipo de señal que indique cuando la variabilidad del proceso está siendo alterada por algún factor externo.

#### 4.3.5.1. Carta X-R

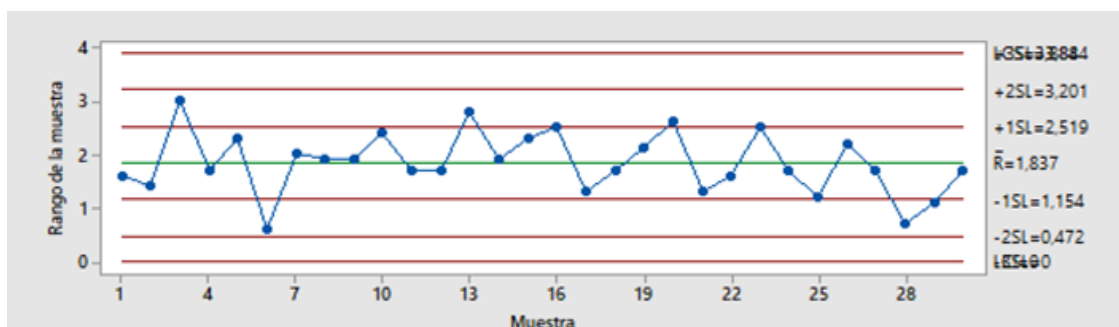
Hemos obtenido 30 subgrupos cada uno de 5 muestras para hacer más fácil el manejo de los datos, de cada subgrupo se ha procedido a calcular la media y el rango y hemos obtenido los siguientes datos:



**Figura 20.** Gráfica X barra del proceso

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor



**Figura 21.** Gráfica R del proceso

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

En la gráfica podemos observar que todos los puntos de cada subgrupo se encuentran dentro de los límites de control, pero también podemos observar que el primer punto está muy próximo a límite de control superior. Es importante hacer notar que, por estar la gran media hacia arriba, existe la mayor la probabilidad de obtener el largo del saco por exceso en la longitud, lo cual indica

que existen causas asignables que ocasionan variación de la calidad del producto por lo que sería recomendable centrar.

Dicho lo anterior, el proceso se encuentra estable ya que todos los datos de las muestras no superan los límites de control establecidos superior e inferior.

### **Interpretación de la gráfica R**

En la gráfica se puede observar que los puntos se encuentran dentro de los límites de control. Los puntos del subgrupo están dispersos muy cercanos a la  $\bar{R}$ , y se puede observar que la mayoría de los puntos están situados a una sigma, pero también hay un punto que está muy cercano al límite de control superior lo cual indica que en ese punto existen causas asignables que ocasionan esta variación de la calidad.

Dicho lo anterior, se determina que por medio de la gráfica de control R el proceso está bajo control debido a la mayoría de los puntos de subgrupos cercanos a la media de rango, y porque también existen datos que no superan los límites de control establecidos.

## **4.4. FASE ANALIZAR**

### **4.4.1. Diagrama Pareto**

**Tabla 16.**

*Datos para realizar el diagrama de Pareto*

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA DE OCURRENCIA</b>	<b>DESCUENTO</b>	<b>COSTO QUE REPRESENTA</b>
<b>VAR. DE TALLAS</b>	20	20%	5.00
<b>VAR. DE TONOS</b>	1	30%	7.5
<b>DEFECTOS COSTURA</b>	5	15 %	3.75
<b>DEFECTOS ENSAMBLE</b>	1	20%	5.00
<b>DEFECTOS MANCHA</b>	2	30%	7.5

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

**PRECIO DE VENTA DE SACO 3/4:** 25 dólares

**PEDIDO:** 50 UNIDADES

### EXPLICACIÓN

VAR. DE TALLAS. -Si la prenda tiene variabilidad de tallas y es muy notorio se le hace un descuento del 20%.

VAR. DE TONOS. -Por causa de esta falla se le puede hacer un descuento del 30% del precio original, aunque esto no suele ser muy común dentro de la producción de Gabytex.

DEFECTOS COSTURA, -Si se produce esta falla y se da cuenta en el almacén la prenda es devuelta a la fábrica para realizarle el ajuste debido, siempre y cuando la falla tenga arreglo si no esta prenda es reutilizada para hacer bolsillos.

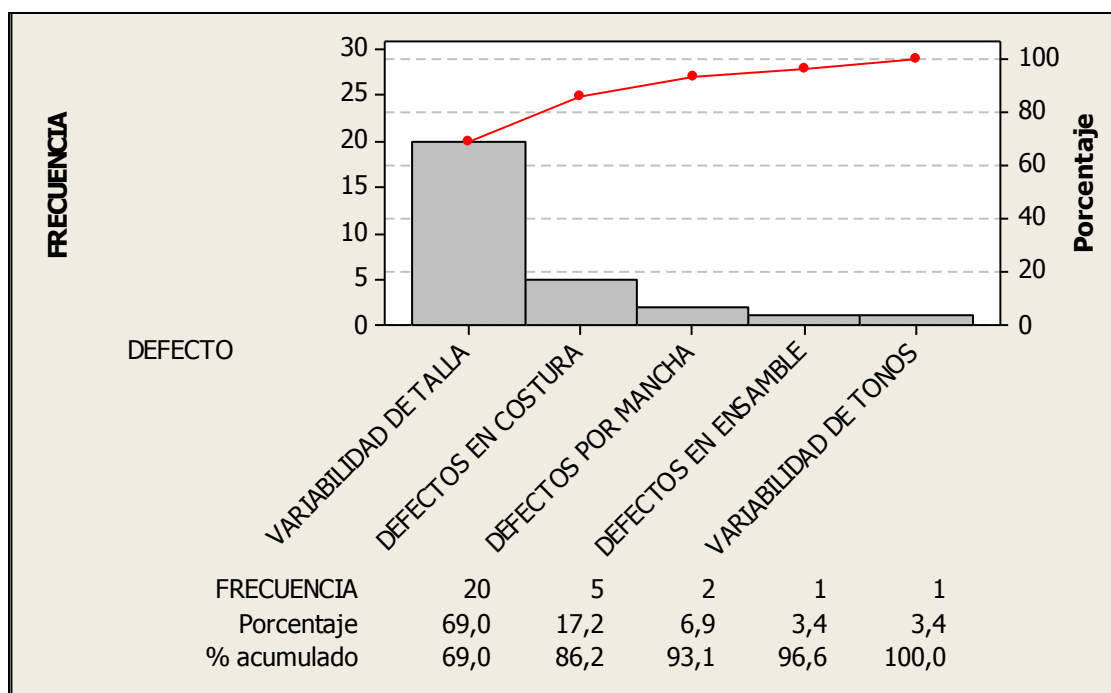
DEFECTOS ENSAMBLE. -se otorga un descuento del 20 %.

DEFECTOS MANCHA. -si las manchas no están grandes se puede hacer un descuento del 30% sino se devuelve a la planta y allí se le reutiliza por ejemplo para hacer bolsillos.

En la siguiente gráfica se puede comparar la frecuencia en que se presenta la variabilidad de los diferentes problemas identificados en el proceso de confección respecto al costo que le representa a la empresa este tipo de problemas.

El objetivo de esta comparación es determinar cuál de estos problemas representa el mayor costo para la empresa, ya que se enfoca en los puntos clave, es decir, descubrir los pocos vitales y los muchos triviales. Por los datos obtenidos en el diagrama Pareto podemos conocer que la variabilidad de tallas y la variabilidad de tonos representan el mayor porcentaje en tanto a costo y a frecuencia de ocurrencia.



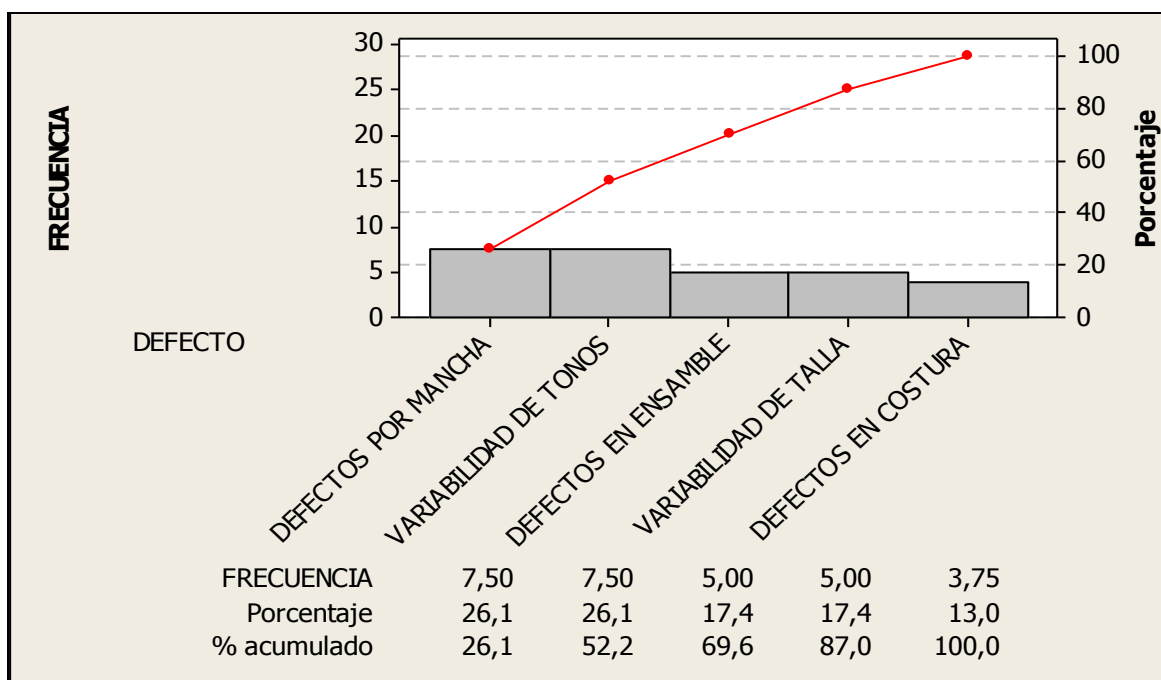


**Figura 22.** Diagrama de Pareto nivel 1

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

Al construir el primer diagrama de Pareto tomando en cuenta los defectos de calidad y la frecuencia de ocurrencia nos arroja que el defecto que más influye es el de variabilidad de tallas ya que es, el que con más frecuencia se presenta. Pero no se debe tomar conclusiones apresuradas por lo que se realiza un segundo Pareto tomando en cuenta los defectos de calidad y la pérdida que nos genera cada uno de ellos.



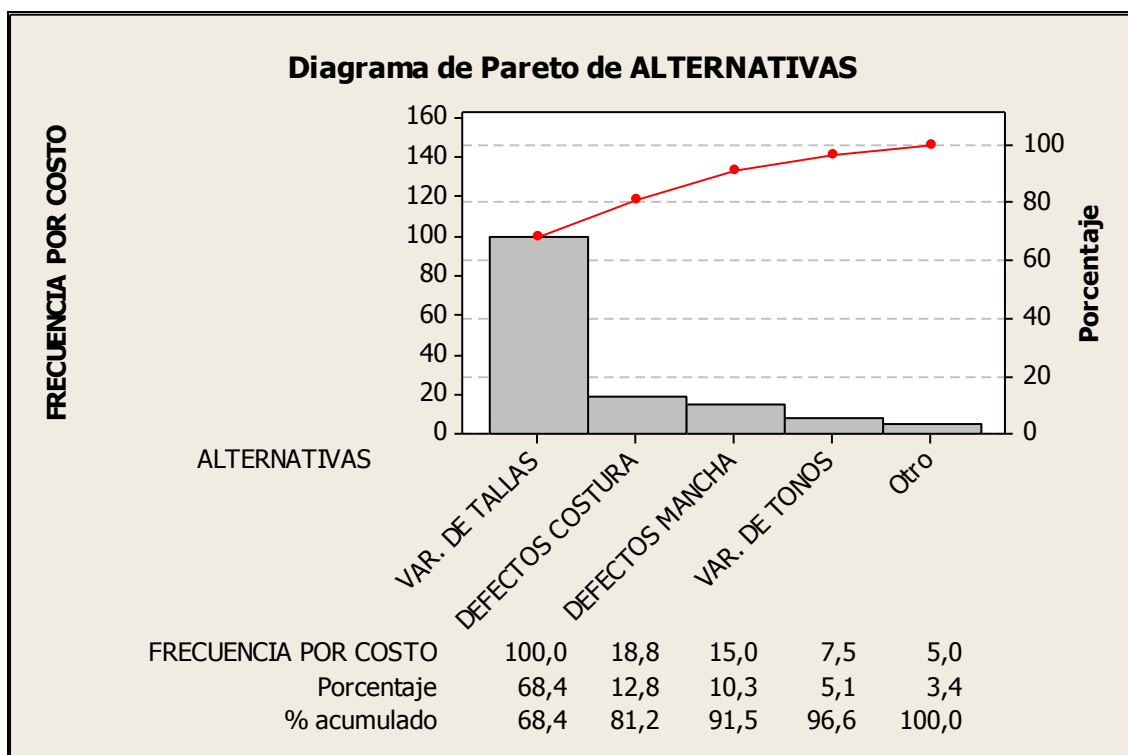
**Figura 23.** Diagrama de Pareto nivel 2

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

El segundo Pareto nos indica que las mayores pérdidas que la empresa tiene, tomando en cuenta una unidad por el costo de cada defecto son las causadas por manchas y variabilidad de tonos.

Ahora bien, ¿A qué Pareto debemos hacer caso? O ¿qué decisión debemos tomar? Porque al tomar dos parámetros muy diferentes nos da como resultado dos puntos de vista muy diferentes. Entonces lo que vamos a hacer es realizar un tercer Pareto usando los dos parámetros, la frecuencia de ocurrencia y el costo.



**Figura 24.** Diagrama de Pareto síntesis

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

Al analizar esta grafica sintetizamos las dos anteriores ya que tenemos una perspectiva de cuál es el defecto de calidad que más pérdidas produce a la empresa tomando en cuenta la frecuencia de ocurrencia y el costo por cada unidad.

Entonces lo que podemos deducir es que, el defecto de calidad que más influye en las pérdidas de la empresa es la variabilidad de tallas por lo cual se recomienda enfocarse en la misma.

#### 4.4.2. Estratificación

**Tabla 17.**

*Clasificación por defectos de calidad y proceso*

DEFECTOS	CORTE	CONFECCIÓN	DESPUNTE Y CONTROL DE CALIDAD	PLANCHADO Y ETIQUETADO	TOTAL
VAR. DE TALLAS	8	5	0	0	13
VAR. DE TONOS	0	0	0	4	4
DEFECTOS COSTURA	0	5	0	0	5
DEFECTOS ENSAMBLE	5	2	0	1	8
DEFECTOS MANCHA	1	1	0	2	4
<b>TOTAL</b>	14	13	0	7	34

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

Como se observa en la tabla el problema principal es la variabilidad de tallas (36% del total de defectos, 13 de 36); por lo tanto, debe atenderse de manera prioritaria y analizar con detalle sus causas.

Para el problema principal se aplica una segunda estratificación, que ayuda a conocer la manera en que influyen los diversos factores que intervienen en la variabilidad de tallas; tales factores podrían ser departamento, turno, tipo de producto, método de fabricación, materiales, etc. Pero como en la tabla sólo se tiene la información del proceso, solo nos permite apreciar que este defecto de calidad se da principalmente en el proceso de corte (61%, 8 de 13). Por lo que es evidente que la mejora tiene que centrarse en el defecto de calidad (variabilidad de tallas) en el proceso de corte. Dentro del proceso de corte se podría discutir, pensar y reflexionar cómo

estratificar el defecto de calidad (variabilidad de tallas) por otras fuentes de variabilidad, como podrían ser turnos, productos, máquinas, métodos, etc. Por lo que realizamos otra estratificación.

**Tabla 18.**

*Clasificación por defectos de calidad y proceso de corte*

DEFECTOS	TENDIDO DE TELA	DISEÑO DE MOLDES	TRAZADO	CORTE	TOTAL
VAR. DE TALLAS	6	1	2	5	14
VAR. DE TONOS	0	0	0	0	0
DEFECTOS COSTURA	0	0	0	0	0
DEFECTOS ENSAMBLE	1	1	0	2	4
DEFECTOS MANCHA	1	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	8	2	2	7	19

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

En el proceso de corte se podría discutir que las principales causas del defecto de calidad (variabilidad de tallas) son dadas por el proceso inadecuado de tendido de tela y del corte de la tela ya que representan el 43% y 36 % del total de defectos de calidad por variabilidad de tallas. Por esta razón la mejora debería centrarse en mejorar estos procesos que son la fuente raíz de los defectos de calidad por variabilidad de tallas que en este caso es el más representativo.

#### **4.4.3. Diagrama de Ishikawa (o de causa-efecto)**

Para poder analizar nuestro proyecto de mejor manera procedemos a realizar un diagrama de Ishikawa o también conocido como diagrama de causa y efecto en el que se contemplan y establecen las causas que originaron un determinado problema.

Como sabemos el diagrama de Ishikawa se puede diferenciar en dos niveles, en el de primer nivel se analiza en una forma general el mayor problema que está sucediendo en el proceso analizado, y en cambio en el diagrama de segundo nivel se analiza a este determinado problema, pero dentro del subproceso en el que se desarrolla, es decir se investiga a fondo las causas del problema.

##### **4.4.3.1. Diagrama de Ishikawa de primer nivel**

Para realizar este diagrama vamos a tomar en cuenta el estudio realizado anteriormente en el diagrama de Pareto en el que se representó porcentual y gráficamente en orden de importancia todos los problemas que se presentaban en la prenda.

Recordemos que estos problemas eran variabilidad de tallas, defectos por manchas, defectos por costura, defectos por ensamble y variabilidad de tonos, pero después de que se realizó este estudio se encontró que variabilidad de tallas y defectos por mancha ocupaban el mayor porcentaje de ocurrencia.

Así que se decidió contrarrestar uno de estos problemas que es variabilidad de tallas ya que este problema es mayormente controlable y es el que representa el mayor porcentaje de ocurrencia, a la vez de que es el que afecta en su mayoría a la producción de calentadores en la empresa Gabytex.

Una vez que se ha determinado el problema procedemos en base a las 6M a determinar las diferentes causas que ocasionan la variabilidad de tallas en una forma general, es decir que se toma en cuenta a todo el proceso.

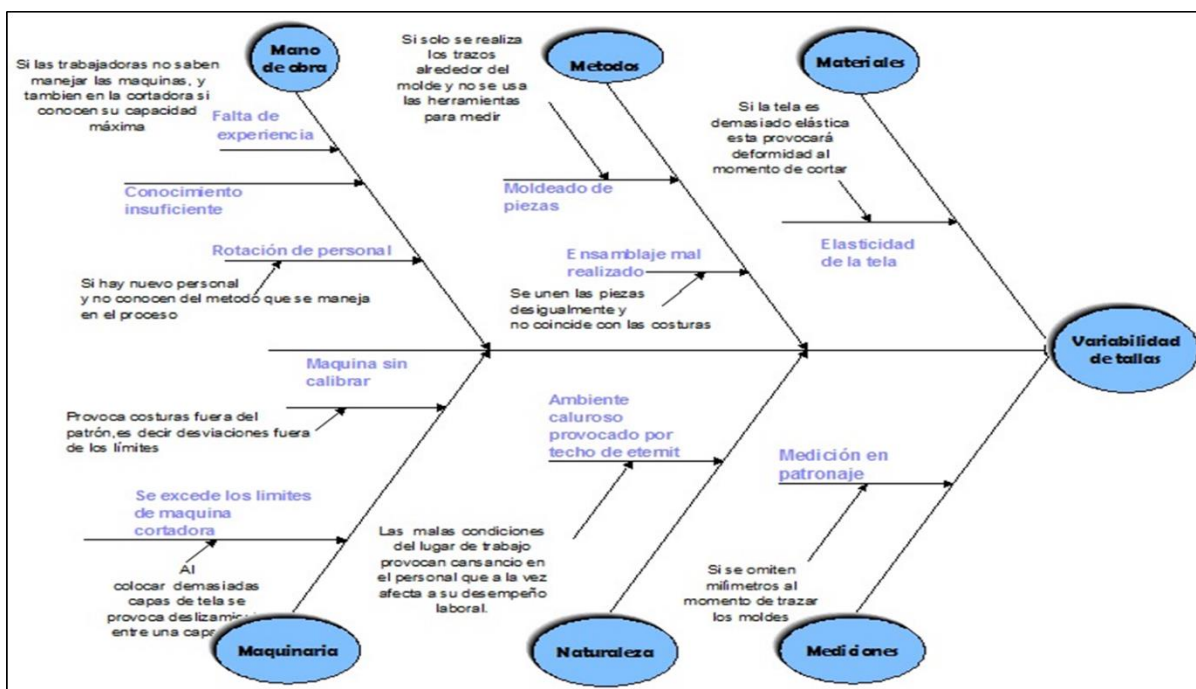


Figura 25. Diagrama de Ishikawa nivel 1

Fuente: Confecciones GABYTEX

Elaborado por: El Autor

En este diagrama como ya se dijo se utilizó el método de las 6M, muy útil en caso de analizar las causas de un problema suscitado en un proceso de producción.

De acuerdo a este método se analiza las causas dentro de lo que corresponde al material utilizado, al método con el que se trabaja, a la mano de obra utilizada, las mediciones, el medio ambiente dentro del trabajo, y a la maquinaria que se utiliza. Entonces las causas que se encontraron luego de utilizar esta herramienta son:

**Materiales:** En lo que corresponde a materiales se determinó que una de los causantes de variabilidad de tallas en la prenda era la presencia de elasticidad en la tela debido a que al momento de trabajar con una tela demasiado elástica esta sufre deformaciones ya sea en el momento de trazo de moldes o en cortado. Como sabemos una tela elástica se puede estirar y encoger por ende no se va a tener medidas exactas y aumentaría la variabilidad en tallas.

**Método:** Dentro de lo que es el método encontramos dos causas que consideramos provocan variabilidad en el producto final, una de estas causas sucede dentro del subproceso de moldeado de piezas ya que por observaciones realizadas hemos visto que al momento de trazar los moldes para ahorrar tiempo las trabajadoras solo van trazando con los patrones el molde sobre la tela pero no se revisa constantemente todas las medidas de las piezas sino que la revisión es esporádica, es decir que no hay una estandarización en la que se puede decir cada cierto número de piezas se tiene que comparar a ver si las medidas están en lo correcto. Esto obedece a un método y forma de trabajar de cada persona, según lo observado, hay trabajadoras que revisan mayor número de veces si las medidas son las correctas utilizando cinta métrica o regla, pero hay otras que simplemente utilizan su vista y creen que está bien, lo cual a pesar de si tiene experiencia no está bien.

Otra de las causas aquí determinadas sucede dentro del subproceso de ensamblaje debido a que no se unen las piezas adecuadamente, es decir que no se iguala la calzada y al momento de revisar las costuras estas quedan desiguales y es allí en donde se reducen los milímetros de un lado o de otro.

**Mano de obra:** Dentro de la mano de obra una de las causas principales es que haya un conocimiento insuficiente, ya sea en el manejo de las máquinas o en el desarrollo mismo del proceso sin contar que cuando existe rotación de personal hay mayores posibilidades de que se cometan errores por falta de información.

**Mediciones:** La causa principal dentro de las mediciones es que en el momento de realizar el patronaje se omiten o se exceden en milímetros, si bien es cierto en este proceso por medio de experiencia las trabajadoras se han establecido empíricamente.

**Medio ambiente:** Existen muchos factores que pueden causar malestar a los trabajadores dentro de la planta, pero en una forma general hablaremos de la temperatura del lugar, en la planta



de producción el techo es de eternit entonces al momento de subir la temperatura el calor aumenta lo que provoca cansancio en el personal.

**Maquinaria:** Si hablamos del manejo de maquinaria vemos que lo que puede conducir a una variabilidad de tallas es no mantener las maquinas calibradas, que por ejemplo puede causar que la aguja de la máquina de coser salte y se realice la costura fuera de los trazos ya realizados. También se puede mencionar que otra causa de variabilidad es el mal manejo de la cortadora ya que como no se sabe exactamente su capacidad máxima las capas de tela son colocadas arbitrariamente de acuerdo a algún pedido que se vaya a entregar, más no se rige a un cierto límite.

#### **4.4.3.2. Diagrama de Ishikawa de segundo nivel**

Todas estas causas que se ha determinado anteriormente provocan variabilidad de tallas en la prenda, pero el análisis se realizó en una forma no muy detallada.

Ahora se va a realizar el diagrama de Ishikawa de segundo nivel en el que vamos a plasmar el mayor problema que es variabilidad de tallas en función del diagrama realizado anteriormente es decir utilizando el mismo método de las 6M y además el diagrama de Pareto de segundo nivel en el cual se determinó que en los subprocesos de corte y ensamble es en donde se generan las causas que afectan al producto final respecto al cumplimiento en medidas de tallaje.

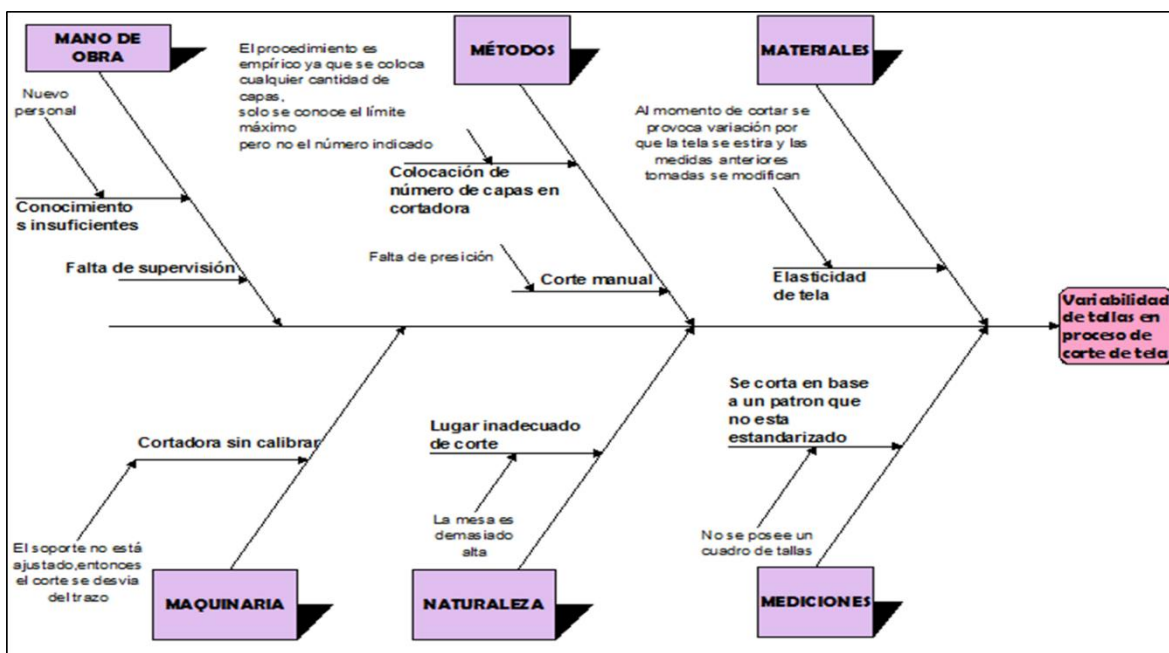


Figura 26. Diagrama Ishikawa nivel 2

Fuente: Confecciones GABYTEX

Elaborado por: El Autor

En este diagrama analizamos el problema de variabilidad de tallas en el subproceso de corte como ya se explicó de acuerdo al diagrama de Pareto de segundo nivel, ahora bien, por medio de las 6M se pueden encontrar varias causas que se detallan a continuación:

**Materiales:** Se consideró la elasticidad de la tela como causa de variabilidad de tallas dentro del proceso de corte en lo que respecta a materiales debido a que se va a producir deformidades y estiramientos al momento del corte, este problema básicamente se da en el corte manual que se realiza en algunas piezas pequeñas que afectan en gran medida cuando se va a ensamblar a renda.

**Método:** En lo que respecta al método se pudo establecer dos causas que provocan variabilidad en las tallas, estas son el corte manual en donde la falta de precisión y el uso de la herramienta en este caso tijeras puede provocar que no se corte sobre las medidas correspondientes. Cabe recalcar

que el corte manual se lo realiza cuando se requiere cortar piezas pequeñas que van a ir sobrepuestas o que se van a ensamblar en el saco para darle forma y seguir un diseño.

También se encontró que durante el corte con maquina la forma en que se coloca las capas infunde mucho en la precisión de la cortadora pues existe varias formas de colocar las capas, pero solo una permite que la tela no se deslice y esta es colocar una tras otra, es decir que el lado que posee rugosidad de la tela siempre quede ubicado en la parte de abajo.

Obedece al método también el hecho de ubicar el número adecuado de capas de tela en la cortadora ya que según lo que hemos observado en esta empresa esto se lo hace de acuerdo a la experiencia de la persona que corta y aquella es quien de decide cuantas ubicar, aunque esto también es determinado por el tamaño de lote que se vaya a realizar.

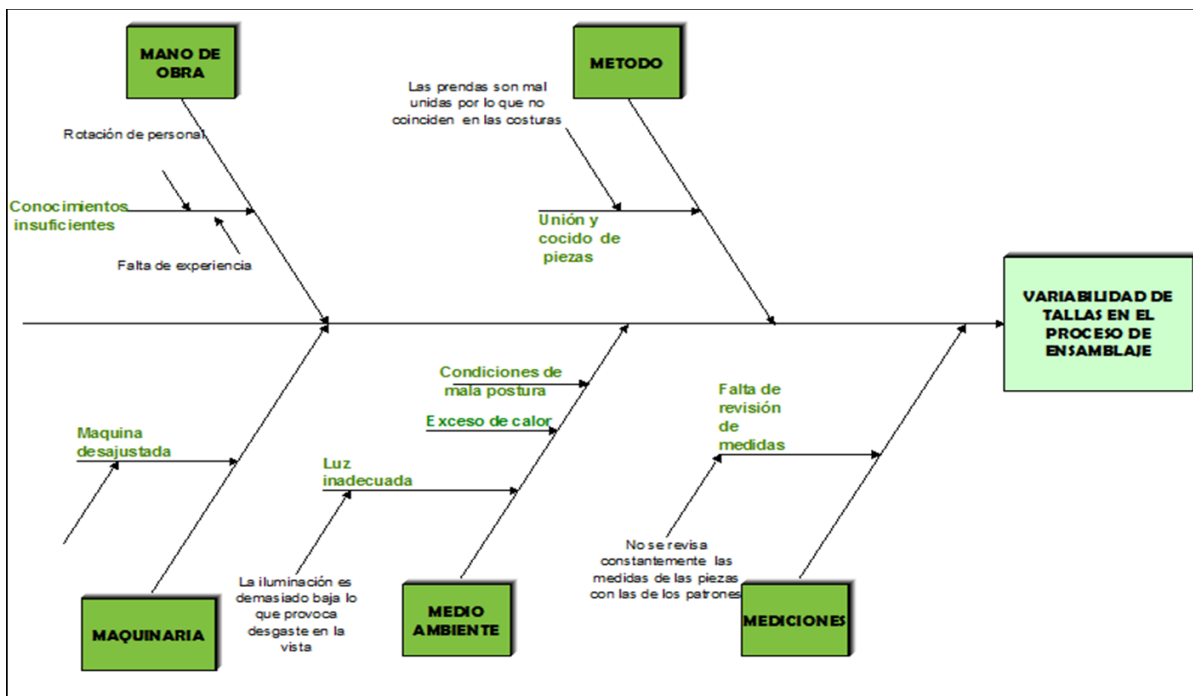
Desde otra apreciación el saber colocar el número adecuado de capas en la cortadora obedece a un conocimiento previo del personal y es allí en donde la experiencia de la persona infunde mucho, o si es que ha habido rotación de personal, pues esto va a repercutir en si se corta o no con precisión.

**Mediciones:** Un grave problema que puede causar variabilidad de tallas es el no cortar en base a moldes que hayan sido estandarizados, si bien es cierto se puede poseer un cuadro de tallas dentro dela empresa, pero si este no es codificado en base a las normas que establecen cuanto debe medir cada talla no se va a cumplir con uno de los objetivos que es brindar prendas confortables y adaptables.

**Medio ambiente:** En cuanto al ambiente laboral se encontró que una de las condiciones para realizar el corte no es adecuada y al no cumplir con las normas está forzando innecesariamente a la persona que realiza el corte.

**Maquinaria:** En lo que respecta a maquinaria si la cortadora no ha sido ajustada o calibrada esta no va a tener precisión además de que existirá mucha variación en el corte.

En el estudio de Pareto de segundo nivel también se encontró que la variabilidad de tallas es ocasionada en gran parte por causas suscitadas en el subproceso de ensamblaje que se detalla en el siguiente diagrama.



**Figura 27.** Diagrama de Ishikawa nivel 3

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

En este diagrama se puede observar las diferentes causas encontradas en el subproceso de ensamblaje que provocan variabilidad de tallas:

Como ya se explicó anteriormente dentro del material la elasticidad de la tela era muy importante para el subproceso de corte y si allí se cometieron errores pues estos se van a acarrear al siguiente proceso que es ensamblaje en donde se trata de solucionar el problema adquirido, pero

obviamente cuando las medidas están sobrepasadas sino lo que sucede es que el problema se profundiza y se omiten varios milímetros.

**Método:** En el proceso de ensamble vemos que se tiene que unir la calzada, el problema que se presenta aquí es que se une desigual las dos piezas y se provoca que al final las prendas tengan otra medida.

**Mano de obra:** Si nos referimos a la mano de obra vemos que los mismos factores influyen en cada proceso para tener variabilidad en el tallaje, es decir como se dijo la falta de conocimiento, el contratar nuevo personal así como la rotación del mismo.

**Medición:** Un factor importante que puede causar variabilidad de tallas es la falta de control respecto a las medidas en el proceso de ensamble ya que es en este proceso subproceso en donde para formar la prenda debe pasar por varias actividades que son realizadas en diferentes máquinas y por diferentes personas, por lo que estar revisando si las medidas son las correctas es fundamental.

**Medio ambiente:** Con respecto a las condiciones del lugar de trabajo, en el ensamble influye mucho lo que tiene que ver con la iluminación ya que para trabajos de este tipo se debe contar con 200 luxes por lo mínimo debido al esfuerzo visual.

**Maquinaria:** En cuanto a la maquinaria lo que puede causar variabilidad en tallas es no revisar y mantener calibradas las máquinas de coser, es decir cuando se cambia de un modelo a otro y se necesita realizar algunos ajustes.

#### 4.4.4. Despliegue de la Función de Calidad (DFC, QFD)

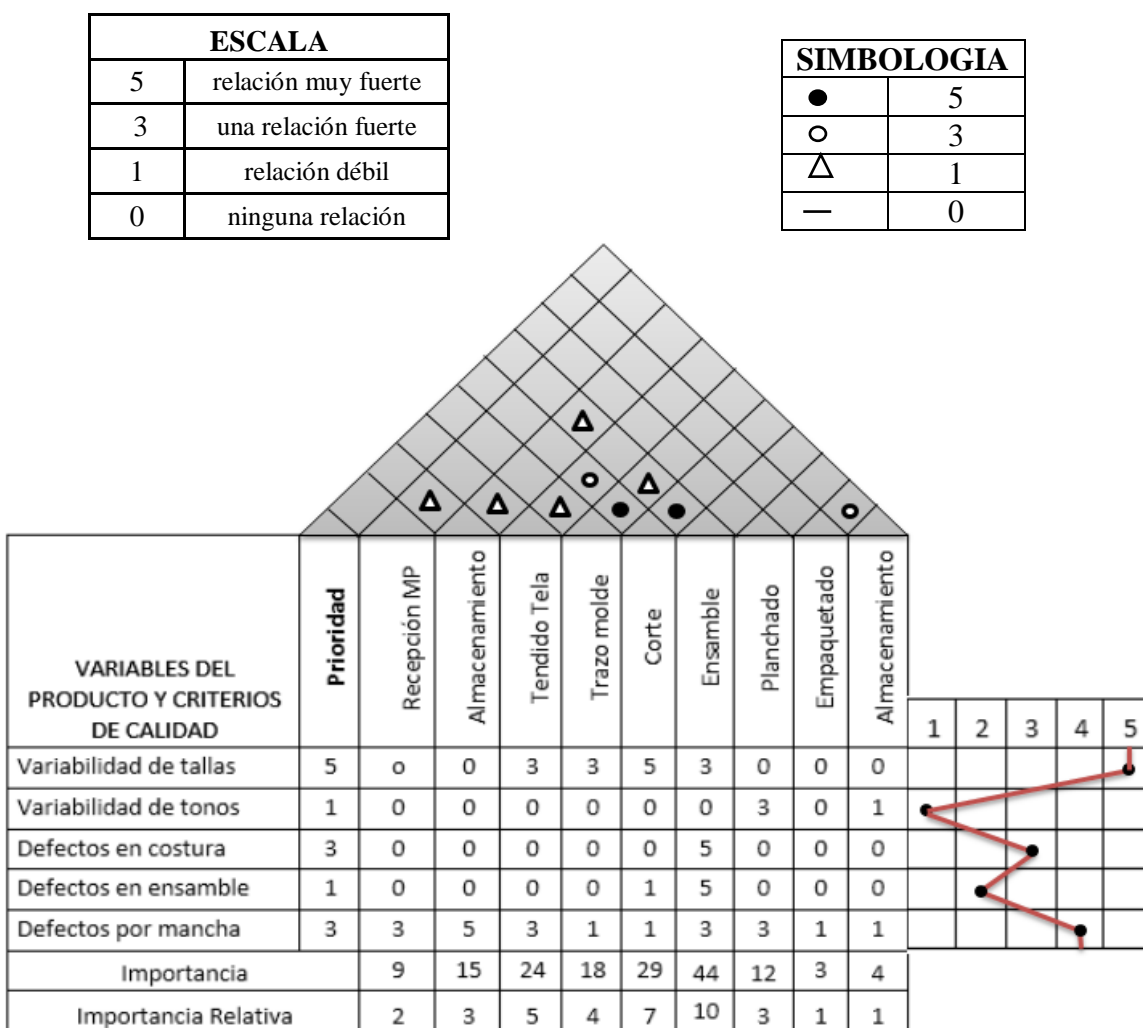


Figura 28. Casa de la calidad

Fuente: Confecciones GABYTEX

Elaborado por: El Autor

Casa de la calidad para el desarrollo del producto calentador en la empresa GABYTEX

El despliegue de la función de calidad nos permite introducir la voz del cliente en el desarrollo del producto relacionando la voz del cliente los requerimientos que el cliente quiere con respecto a los como correspondientes a la empresa

Mediante el análisis de Pareto 1 y Pareto 2 nos arrojó que el defecto más ponderado con una puntuación de 5 es variabilidad de tallas y de acuerdo a la base de información lluvia de ideas y matriz de priorización arrojo la concurrencia los siguientes datos que variabilidad de tallas se ocasiona con mayor frecuencia en el proceso de corte, seguido por ensamble y trazo molde respectivamente

Mediante la matriz de priorización seguimos poniendo los datos respectivos y podemos identificar que la variabilidad de tonos se ocasiona con mayor frecuencia en planchado, para defectos por costura en el proceso que más se ocasiona es en ensamble con un puntaje de 5, para defectos en ensamble el proceso que más se ocasiona es ensamble con un puntaje de 5 y en menor cantidad en corte con un puntaje de 1, y finalmente defectos por manchas se ocasiona en el proceso en todos los procesos pero en mayor cantidad en almacenamiento con un puntaje de 5.

El resultado de la casa de la calidad es que el proceso en el que se debe poner mayores esfuerzos de mejora es el ensamble ya que este obtuvo el mayor puntaje de 44 y es en este proceso donde se ocasionan la mayor parte de las fallas, seguido por corte y tendido de tela ya que estos son los que aportan mayor riesgo de defectos de calidad.

#### **4.4.5. Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF)**

Este análisis de modo y efecto de las fallas nos ha permitido caracterizar y asignar una prioridad a las fallas potenciales de un proceso; principalmente en los que generan mayores variables al producto en nuestro caso trabajaremos en el proceso de recepción de materia prima, proceso de corte y proceso de confección.

FUNCIÓN DEL PROCESO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS DE LA FALLA POTENCIAL	S E V E R I T	C R I T	CAUSA/ MECANISMO DE LA FALLA POTENCIAL	O C U R R	CONTROLES ACTUALES DEL PROCESO PARA DETECCIÓN	D E T E C	N P R	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONS Y FECHA PROMETI DA	RESULTADO DE LAS ACCIONES				
												ACCIONES TOMADAS	S E V	O C U	D E T	N P R
<b>1.</b> Confirmar la hora y fecha de llegada del pedido. <b>2.</b> Preparar el área de descarga o bodega. <b>3.</b> Verificar si esta correcto el pedido. <b>4.</b> Descargar los rollos de tela del camión. <b>5.</b> Apilar rollos en bodega. <b>Este proceso tiene como objetivo recibir y verificar que la MP sea la adecuada para el proceso.</b>	Los rollos no estan completos	Problemas para cumplir el pedido	8		Falta de verificación y/o control del largo del rollo	2	Revisión de la etiqueta de especificaciones del proveedor	7	112	Implementar una mesa de revisado de rollos, si no cumple especificaciones devolver el pedido						
	Los rollos no son continuos	> Se generan muchos desperdicios. > Problemas en el tendido de tela en establecer las capas.	6		Falta de verificación y/o control del rollo	3	Inexistente	7	126	Implementar una mesa de revisado de rollos y un manual de procedimiento para revisar los rollos						
	Los rollos vienen con manchas	El producto final tiene manchas	9	X	Falta de verificación del rollo	7	Inexistente	7	441	Implementar una mesa de revisado de rollos						
	Los rollos vienen con irregularidades de punto	El producto final tiene irregularidades de punto	8		Falta de verificación del rollo	1	Inexistente	7	56	Implementar una mesa de revisado de rollos						
	Los anchos de los rollos no son iguales	> Se generan muchos desperdicios. > Problemas en el trazado de moldes en la tela.	5		Falta de verificación y/o control del ancho del rollo	5	Revisión de la etiqueta de especificaciones del proveedor	7	175	Implementar una mesa de revisado de rollos y un manual de procedimiento para revisar los rollos						
	Los rollos tienen variabilidad de tonos	El producto final tiene variabilidad de tonos	9	X	Falta de verificación del rollo	7	Inexistente	7	441	Implementar una mesa de revisado de rollos						

**Figura 29.** Análisis de modo y efecto de las fallas en la recepción de materias primas

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor



FUNCIÓN DEL PROCESO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS DE LA FALLA POTENCIAL	S E V E R I D A D	C A U S A / M E C A N I S M O D E L A F A L L A P O T E N C I A L	O C U R R E N C I A	CONTOLES ACTUALES DEL PROCESO PARA DETECCIÓN	D E T E C T A D O	N P R	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONS Y FECHA PROMETIDA	RESULTADO DE LAS ACCIONES				
											ACCIONES TOMADAS	S E V	O C U	D E T	N P R
<b>1.</b> Colocar el rollo de tela en el estante. <b>2.</b> Dejar caer la tela en la mesa. <b>3.</b> Definir las capas con que se va a trabajar. <b>4.</b> Elegir moldes. <b>5.</b> Trazar los moldes en la tela tendida. <b>6.</b> Cortar tela <b>Este proceso tiene como objetivo tender la tela en la mesa de corte, definir las capas adecuadas, trazar los moldes en la tela según la talla, finalmente cortar y apilar las diferentes partes para su posterior confección .</b>	Tensión de la tela	Problemas de variabilidad de tallas al cortar	8		7	Inexistente	7	392	Establecer un buen procedimiento de tendido de tela y capacitar al operador						
	Amontonamiento de tela	> Se generan desperdicios al cortar. > Variabilidad de tallas al cortar.	8		4	Inexistente	7	224	Establecer un buen procedimiento de tendido de tela y capacitar al operador						
	Deslizamiento de capas	> Cortes fuera del limite de los moldes. > Variabilidad de tallas	9	X	7	Pesas que las ubican al cortar dependiendo el número de capas	3	189	Implementar un sistema a base de pesas para evitar el deslizamiento						
	Mala ubicación de los moldes en la tela	Desperdicio de tela	4		2	Falta de un software o diseño para ubicar los moldes	4	32	Implementación del software (Áudaces patrones)						
	Exceso de capas	Variabilidad de tallas	7		5	Apuro de los operarios por terminar la tarea	2	70	Establecer un limite de capas para determinado tipo de tela (Vioto)						
	Cortes fuera de los limites de los moldes	Variabilidad de tallas	8		2	Mal uso de la cortadora y una insuficiente destreza del operario	7	112	Establecer un buen procedimiento de corte de tela y capacitar al operador						

Figura 30. Análisis de modo y efecto de las fallas en el corte

Fuente: Confecciones GABYTEX

Elaborado por: El Autor

FUNCIÓN DEL PROCESO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS DE LA FALLA POTENCIAL	S E V E R	C R I T	CAUSA/ MECANISMO DE LA FALLA POTENCIAL	O C U R R	CONTROLES ACTUALES DEL PROCESO PARA DETECCIÓN	D E T E C	N P R	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONS Y FECHA PROMETI DA	RESULTADO DE LAS ACCIONES				
												ACCIONES TOMADAS	S E V	O C U	D E T	N P R
<b>1.</b> Colocar bolsillos (pieza delantera). <b>2.</b> Pespunte de bolsillos. <b>3.</b> Colocar tapa de bolsillos. <b>4.</b> Unir costados. <b>5.</b> Pasar pespunte a costados. <b>6.</b> Unir tiros posterior y delantero. <b>7.</b> Pasar pespunte a los tiros. <b>8.</b> Cerrar parte interna del pantalón. <b>9.</b> Poner elastico y elasticar. <b>10.</b> Recubrir bajos. <b>11.</b> Colocar cordón. <b>Este proceso tiene como objetivo confeccionar la prenda y dejarla lista para su posterior planchado y empaquetado .</b>	Rotura de Hilos	Problemas en defectos en costuras	4		Hilo de mala calidad o demasiada tensión en del hilo en la MQ	2	Inexistente	7	56	Adquirir Hilo de buena calidad Calibrar MQ						
	Saltado de puntada en maquinas	Se generan defectos en costuras.	5		Falta de mantenimiento a la máquina o mala calibración para el tipo de tela.	4	Se realiza mantenimiento correctivo a la maquinaria.	2	40	Realizar un mantenimiento preventivo periodicamente cada mes.						
	Costuras torcidas	Se generan defectos en costuras.	3		Mal uso de la maquinaria y una insuficiente destreza del operario	2	Se verifica si estan bien las costuras.	3	18	Establecer un buen procedimiento de confección y capacitar al operador						
	Union de piezas desiguales (demasiado pequeñas o muy grandes)	Variabilidad de tallas	9	x	El proceso de corte se realizo inadecuadamente	5	El operario lo arregla siempre y cuando este más grande la pieza	7	315	Establecer manual procedimiento en el proceso de corte como en el subproceso tendido de tela						
	Mal ensamble	Variabilidad de tallas. Defectos en ensamble (problemas en el modelo)	7		El proceso de corte se realizo inadecuadamente o una isuficiente destresa del operario	3	El jefe de producción (supervisa) elensable de las piezas	5	105	Establecer un buen procedimiento de confección y capacitar al operador						
	Mal calzada	Varibilidad de tallas. Defectos en ensamble (problemas en el modelo)	7		El proceso de corte se realizo inadecuadamente o una isuficiente destresa del operario	3	El jefe de producción (supervisa) la calzada de las piezas	5	105	Establecer un buen procedimiento de confección y capacitar al operador						

**Figura 31.** Análisis de modo y efecto de las fallas en la confección

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

#### **4.4.6. ANALISIS AMEF**

##### **4.4.6.1. AMEF EN EL PROCESO DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA**

Gracias a los NPR obtenidos de cada problema los hemos priorizado de la siguiente manera:

1. Los rollos de tela vienen con manchas
2. Los anchos de los rollos de tela no son iguales a lo largo del rollo
3. Los rollos de tela tienen variabilidad de tonos a lo largo del mismo

Ya que no podemos solucionar todos los problemas a la vez, vamos a centrarnos en estos tres problemas para su análisis y posterior propuesta de acciones correctivas.

##### **Acciones Correctivas Propuestas**

- Implementar una mesa de revisión de rollos en el área de recepción de materia prima, de forma que se realice un muestreo para su análisis.
- Realizar un Manual de Recepción de Materias Primas.
- Capacitar al personal.

##### **4.4.6.2.AMEF EN EL PROCESO DE CORTE**

Gracias a los NPR obtenidos de cada problema los hemos priorizado de la siguiente manera:

1. Tensión en la tela en el subproceso de tendido de tela
2. Amontonamiento de la tela en el subproceso de tendido de tela
3. Deslizamiento de capas en el subproceso de tendido de tela
4. Cortes fuera de los límites de los moldes

Ya que no podemos solucionar todos los problemas a la vez, vamos a centrarnos en estos cuatro problemas para su análisis y posterior propuesta de acciones correctivas.

##### **Acciones Correctivas Propuestas**

- Realizar un Manual de Tendido de tela como también de corte.
- Capacitar al personal.

#### **4.4.6.3. AMEF EN EL PROCESO DE CONFECCIÓN**

Gracias a los NPR obtenidos de cada problema los hemos priorizado de la siguiente manera:

1. Mal ensamble en la confección del Saco
2. Mal calzado en la confección del Saco

Ya que no podemos solucionar todos los problemas a la vez, vamos a centrarnos en estos dos problemas para su análisis y posterior propuesta de acciones correctivas.

#### **Acciones Correctivas Propuestas**

- Realizar un Manual de Procedimientos en Ensamble.
- Realizar un Manual de Mantenimiento y capacitación en Maquinaria.
- Capacitar al personal.

#### **Resultados**

En esta fase se ha analizado mediante varias herramientas las principales variables de falla en el saco de lana 3/4, se ha descrito cada uno de los procesos de confección por los que pasa el producto hasta llegar como producto terminado, en los cuales se ha identificado que los principales subprocesos que causan variación en el producto son la recepción de materia prima, el tendido de tela, el corte y el ensamble de piezas; por lo cual es necesario enfocar las mejoras hacia dichos subprocesos y así poder obtener mejores resultados es decir un saco de lana de mejor calidad.

#### **4.5. FASE MEJORAR**

El objetivo de esta etapa es proponer soluciones que atiendan las causas raíz; es decir asegurarse de que se corrige o reduce el problema.

La clave es pensar en soluciones que ataquen, La fuente del problema (causas) y no el efecto.

A continuación, se procede a presentar la alternativa para la reducción de la variabilidad de las tallas en “GABYTEX”

Esta fase se la he realizado mediante la elaboración de manuales de procedimientos que se encuentran en el **Anexo** por estar en diferente formato.

Para esta fase mejorar se ha tomado en cuenta un lote de 300 sacos para realizar la propuesta de mejora en la cual se aplicó los manuales de procedimientos solo a este lote para demostrar las mejoras y a continuación se presentan los datos obtenidos luego de la aplicación de los manuales de procedimientos.

**Tabla 19.**  
*Datos de la propuesta de mejora*

N Subgrupo	Muestras L1					Media	Rango
1	101,4	101,5	101,4	101,5	101,2	101,4	0,3
2	101,1	101	100,8	101	101,4	101,06	0,6
3	101,3	101,5	101,1	101,5	101	101,28	0,5
4	101,5	101,3	100,7	101,4	100,9	101,16	0,8
5	101,2	101	100,7	100,9	101,2	101	0,5
6	101	101,3	100,9	101,4	101	101,12	0,5
7	101,1	101,3	101,2	101,4	100,9	101,18	0,5
8	100,8	101,1	101,2	100,9	100,8	100,96	0,4
9	101	100,7	100,8	100,7	101,2	100,88	0,5
10	100,8	100,7	100,8	101,1	100,8	100,84	0,4
11	100,8	101,2	100,7	100,9	101	100,92	0,5
12	101,3	100,9	101,2	100,8	100,9	101,02	0,5
13	101,1	101,3	101,4	101,2	100,8	101,16	0,6
14	101,3	100,8	101	101,4	100,9	101,08	0,6
15	101,2	101,1	101,3	100,8	101,1	101,1	0,5
16	100,8	100,7	101,1	101,2	101,2	101	0,5
17	101	101,3	100,8	100,7	101,1	100,98	0,6
18	101,1	100,9	101,3	101,2	100,9	101,08	0,4
19	100,9	101,4	101,3	100,8	101,4	101,16	0,6
20	101,3	101	101,2	100,9	100,9	101,06	0,4
21	101,2	101,3	100,8	100,7	101	101	0,6
22	100,8	101,2	101,1	101,4	100,7	101,04	0,7
23	101	100,6	100,9	101,1	100,9	100,9	0,5
24	101,5	101,1	100,9	101,2	101,6	101,26	0,7
25	101,3	100,8	100,7	101,4	100,9	101,02	0,7
26	101	101,3	101,2	101	100,8	101,06	0,5
27	101,2	101,3	100,8	100,9	101,2	101,08	0,5
28	101	101,3	101	101,3	101,8	101,28	0,8
29	100,7	101,1	101,3	101	100,7	100,96	0,6
30	101	100,7	100,8	100,9	101,2	100,92	0,5
						101,07	0,54
						$\bar{\mu}$	$\bar{R}$

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.6. FASE CONTROLAR

Esta fase se la ha realizado conjuntamente con los manuales de procedimiento en donde se evidencia la manera cómo se va a controlar todo el proceso una vez que se ponga en práctica los manuales de la fase mejorar. Esta fase se encuentra en el *Anexo*. por estar en diferente formato junto a los manuales.

Después de conocer el alcance al que se puede llegar con la aplicación de los manuales de procedimientos, es necesario que todos los trabajadores de la empresa conozcan porque se hizo el estudio; para ello se reunirá a todos los trabajadores para hacerles conocer la forma como se va ir mejorando el proceso y la manera de cómo se va a evaluar el cumplimiento de los manuales.

Se llevará a cabo un plan de capacitación que estará dirigido para el personal operativo como administrativo de la empresa Gabytex, pues los trabajadores deben conocer los nuevos procedimientos que se aplicaran en cada área. La capacitación debe estar en un proceso continuo que permita mejorar los conocimientos y habilidades del personal de la empresa Gabytex.

Programa de capacitación que se lo debe realizar cada seis meses.

**Tabla 20.**

*Cronograma de la capacitación*

CAPACITACION DEL PERSONAL			
Tema de capacitacion	Capacitor	Duracion (hr.)	Persona que recibe la capacitacion
Sensibilidad para el cambio en la empresa	Administradora	2	Directivos de la empresa
Comunicación y trabajo en equipo	Jefe de produccion	3	Personal administrativo y operativo
Nueva metodologia para la elaboracion de sacos	Jefe de produccion	3	Operadores
Aplicación de manual de procedimientos	Jefe de produccion	2	Operadores
Manejo correcto de maquinaria y equipos de trabajo	Jefe de produccion	2	Operadores
Control en materia prima y productos terminados	Jefe de produccion	2	Operadores
Salud ocupacional	Jefe de produccion	3	Operadores

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

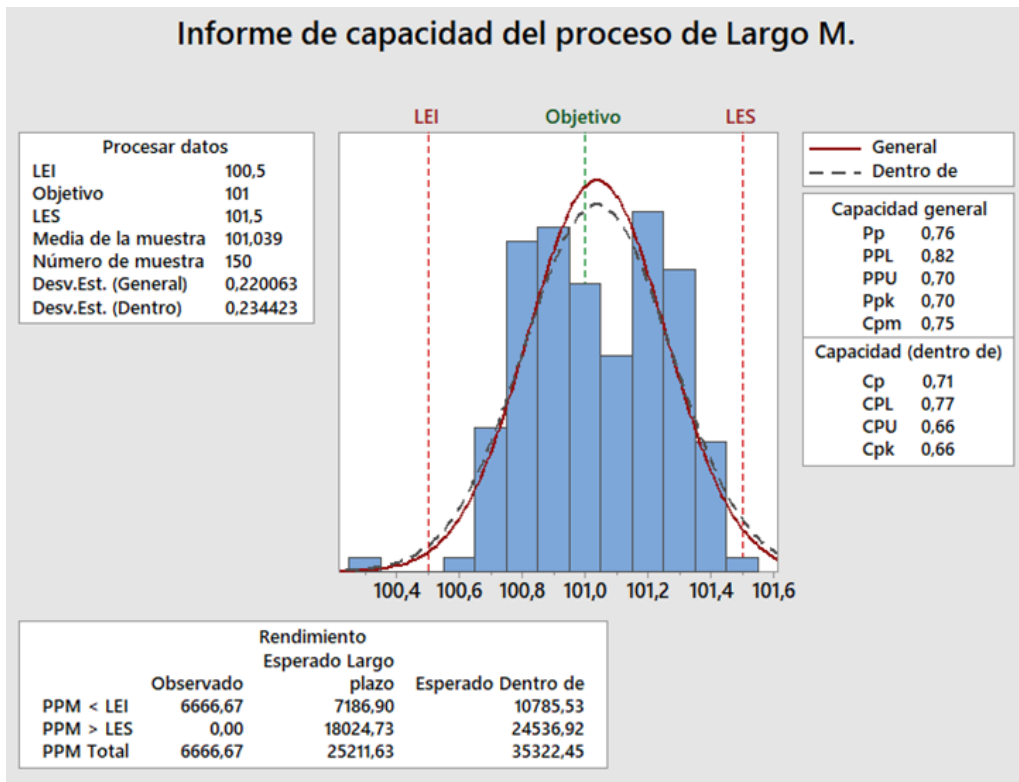
**Elaborado por:** El Autor

Los principales objetivos del plan de capacitación son:

- ✓ Aumentar los conocimientos y habilidades del trabajador
- ✓ Incrementar la eficiencia de cada trabajador
- ✓ Mejorar las aptitudes de los trabajadores.

Para el plan de capacitación propuesto se contará con el apoyo de los directivos de la empresa, pues con esto el área administrativa y operativa tienen la obligación de cumplirla tomando en cuenta que la capacitación debe ser continua entre el personal para fortalecer el trabajo en producción.

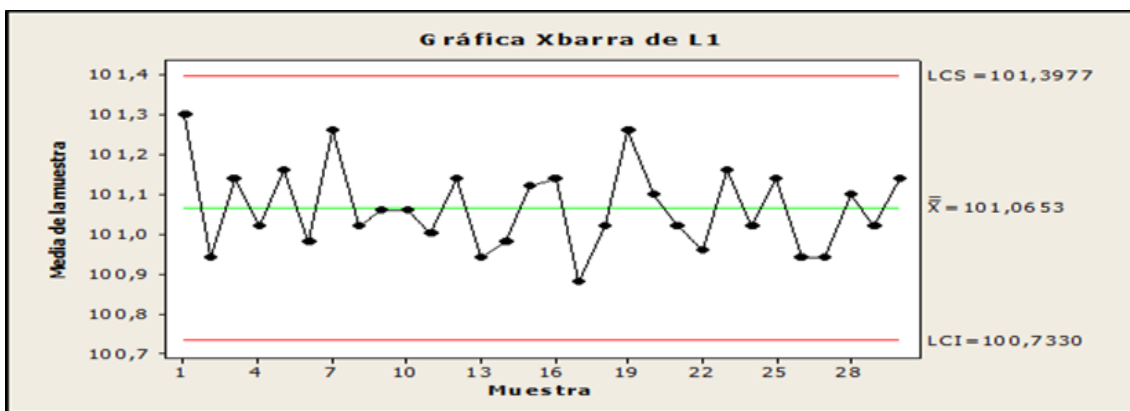
Para la fase controlar se toma en cuenta las gráficas de control para poder demostrar que ha aumentado la capacidad del proceso. Luego de la implementación de los manuales se puede notar que el proceso está más centrado y cumple con las especificaciones del cliente y además mejora en algo la capacidad del proceso, no es tan notoria la mejoría ya que se implementó los manuales solo a un lote y en dos áreas de la empresa.



**Figura 32.** Capacidad del proceso mejorado

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

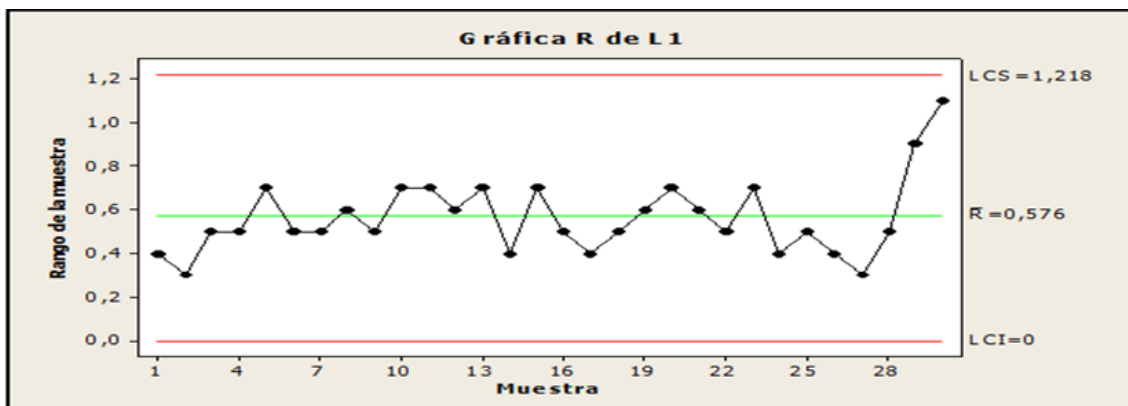


**Figura 33.** Gráfica X barra del proceso mejorado

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor





**Figura 34.** Gráfica R barra del proceso mejorado

**Fuente:** Confecciones GABYTEX

**Elaborado por:** El Autor

## 5. CONCLUSIONES

Mediante el presente proyecto hemos evidenciado que el principal problema que tiene la empresa GABYTEX es la variabilidad de tallas en los sacos de lana 3/4, la misma que es causada por malos métodos de trabajo en especial en el área de tendido, corte y ensamble.

El implantar Manuales de Procedimientos en el Área de Producción de las prendas en la empresa realizado bajo condiciones controladas, garantizan una alta calidad en el producto terminado, reducción de costos, aprovechamiento de tiempo y recursos, operaciones simplificadas, optimización de disponibilidades del equipo, materiales e insumos, seguridad en los trabajadores, mejora en la satisfacción del cliente, y posicionamiento de la empresa en el mercado.

El control de calidad e inspección a lo largo del proceso de elaboración de sacos es muy importante puesto que además de que se garantiza el cumplimiento de las especificaciones y requerimientos del cliente permite llevar un registro de los errores presentados en las distintas actividades de confección, así como determinar los factores por los cuales se presentaron estos desperfectos y lo más importante es que gracias a estos históricos y registros se pueden tomar medidas preventivas para la elaboración del mismo producto en un futuro o por otro lado puede ayudar en la elaboración de otros productos de la empresa.

La implementación de normas y procedimientos en las empresas son esenciales para la calidad de producto o servicio, ya que estos son los que establecen formas y condiciones correctas de realizar cualquier actividad.

## **6. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar una investigación preliminar para determinar cuáles tareas necesitan de un estudio más urgente, ya que por lo general las tareas más susceptibles a mejoras son las operaciones “Cuello de Botella”

Se recomienda aplicar el manual de procedimiento como una guía que permitirá obtener información ordenada y sistemática, llevando a cabo actividades eficientes y eficaces dentro de la empresa.

Se recomienda que los procedimientos descritos en la propuesta de estos manuales, deben ser aplicados, ejecutados y evaluados por el personal de producción de la empresa Gabytex, y que posteriormente también ellos aporten ideas para el mejoramiento del proceso ya que con la aparición de las nuevas tecnologías también aparecen nuevos procedimientos técnicos.

Se recomienda seguir los manuales de procedimiento correctamente, ya que en estos constan las mejoras que se están implementando dentro de la empresa para corregir los malos métodos de trabajo, así mismo controlar frecuentemente que los operarios y personas encargadas de cada proceso cumplan con los manuales.

Se recomienda a los empleados de la empresa realizar un control continuo de todas las actividades del proceso de confección, registrando toda la información importante y haciendo uso de las herramientas de recopilación de analizadas en la metodología DMAMC que nos garantizan datos mayormente acercados a la realidad.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA

- Aguedelo Tobón, L. F., & Escobar Bolívar, J. (2007). *GESTIÓN POR PROCESOS* (Cuarta ed.). Medellín, Colombia: Bolívar. Medellín: Los autores.
- Anderson, D., Sweeney, D., & Thomas, W. (2008). *Estadística para la administración y economía* (10ma ed.). México, México: CENGAGE Learning.
- AY, H., & BARRY, R. (2009). *PRINCIPIOS DE ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES*. MÉXICO.
- Besterfield, D. (2009). *Control de calidad* (8va ed.). México, México: PEARSON.
- Cáceres, R. Á. (2007). *Estadística aplicada a las ciencias de la salud*. España: Díaz de Santos.
- Cavanagh, R., Neuman, R., & Pande, P. (2004). *Las Claves Prácticas de Seis Sigma: Una guía dirigida a los equipos de mejora de procesos* (1ra ed.). España: McGrawHill.
- Chase, R. B., Jacobs, R. F., & Aquilano, N. J. (2009). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros* (Duodécima ed.). México, D.F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- David R. Anderson, D. J. (2008). *Estadística para Administración y Economía*. Mexico: Cengage Learning Editores, S.A.
- Devore, J. L. (2008). *Probabilidad y Estadística par Ingenieros*. Mexico : Cengage Learning Editores S.A de C.v.
- Durán, F. A. (2007). *INGENIERÍA DE MÉTODOS*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Evans, J., & Lindsay, W. (2008). *Administración y control de la calidad* (7ma ed.). México, México: CENGAGE Learning.

Frank, R. J. (2007). *Método Juran, Análisis y Planeación de la Calidad*. México: Mc Graw Hill .

Freedman, D. (1993). *Estadística, 2ª ed.* Barcelona: INRESA.

Gabytex. (2014).

García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo* (2 da ed.). México, México: McGrawHill.

GARCÍA CRIOLLO, R. (2005). *ESTUDIO DEL TRABAJO Ingeniería de métodos y medición del trabajo* (Segunda ed.). México, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Gutierrez Pulido, H. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD* (3ra ed.). México, México: McGrawHill.

Gutiérrez Pulido, H. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD* (3ra ed.). México, México: McGrawHill.

Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* (2da ed.). México, México: McGrawHill.

Gutierrez Pulido, H., & Vara Zalazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* (2da ed.). México, México: McGrawHill.

Herrera A, R. (2006). *Seis Sigma: Métodos Estadísticos y sus Aplicaciones* (1ra ed.). Colombia: Grafimpresos Donado.

Humberto Llinás Solano, C. R. (2005). *Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad*. Barranquilla: Uninorte .

Humberto, G., & Pulido. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: Mc Graw Hill .

Humberto, G., & Pulido. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: Mc Graw Hill.

Humberto, G., & Pulido. (2010). *Calidad Total y Productividad* . México: Mc Graw Hill.

Humberto, G., & Pulido. (2010). *Calidad Total y Productividad* . México: Mc Graw Hill.

Jananía, C. A. (2008). *MANUAL DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS, Ingeniería de métodos.*

México, D.F.: EDITORIAL LIMUSA, S.A. DE C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.

JAY, H., & BARRY, R. (2009 ). *PRINCIPIOS DE ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES .*

MÉXICO.

Jay, H., & Barry, R. (2009). *Principios De Administración De Operaciones.* México.

Jay, H., & Barry, R. (2009). *Principios De Administración De Operaciones.* México.

JAY, H., & BARRY, R. (2009). *PRINCIPIOS DE ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES.*

MÉXICO.

JAY, H., & BARRY, R. (2009). *PRINCIPIOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES.*

MÉXICO.

Juran, M. (2007). *Método Juran: Análisis y planeación de la calidad* (5ta ed.). México, México:

McGrawHill.

Kuby, R. J. (s.f.). *Estadística Elemental.*

Miguel Ferrando Sanchez, J. G. (s.f.). *Calidad Total: Modelo EFQM de excelencia.* Madrid:

Fundacion Confemetal.

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *INGENIERÍA INDUSTRIAL: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (Duodécima ed.). México, D.F.: McGRAW-

HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabako* (12va ed.). México, México: McGrawHill.

Panteleeva, I. V. (2005). *Fundamentos de Probabilidad y Estadística.* Totuca-Mexico: Olga

Vladimirovna Panteleeva.

PROINTER PRODUCTOS INTERNACIONALES S.A. (2014). *PRESENTACIÓN COMERCIAL*. Ibarra.

PROINTER PRODUCTOS INTERNACIONALES S.A.,UTN. (2014). *PLAN DE NEGOCIOS*. Ibarra.

PROINTER S.A. (2013). *REGISTRO PROINTER S.A. ACUERDO MINISTERIAL 12-293*. Ibarra.

Richard L. Scheaffer, W. M. (2007). *Elementos de muestreo*. Madrid- España: International Thomson editores.

Rivera, L. N. (2006). *Seis Sigma Guia Para Principiantes*. Mexico: Panorama Editorial S.A de C.V.

Ross, S. M. (2007). *Introducción a la estadística*. Barcelona: REVERTÉ S.A.

*Tejidos Gabytex*. (2014).

Triola, M. F. (2009). *ESTADÍSTICA Decima Edicion* . Mexico: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Valderrey Sanz, P. (2010). *Seis Sigma*. Madrid, España: StarBook.

Valderrey Sanz, P. (2013). *Herramientas para la CALIDAD TOTAL* (1ra ed.). Bogotá, Colombia: StarBook.

## 8. ANEXO

## Anexo 1. Formato de encuesta



## UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIRIA EN CIENCIAS  
 APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA  
 INDUSTRIAL

### Datos del Entrevistador/es

Nombres:

Especialización: Estudiante Ingeniería Industrial

Materia: Trabajo de Grado

### Datos del Entrevistado

Nombre del Entrevistado:

Teléfono:

e-mail:

### ENTREVISTA DIRIGIDA A LOS VENDEDORES DE LA EMPRESA

Preguntas:

1.- ¿En promedio cuantas docenas de sacos de lana 3/4 vende usted diariamente?

1-5	<input type="checkbox"/>
6-10	<input type="checkbox"/>
10-15	<input type="checkbox"/>

2.- ¿Qué tipo de quejas con relación a su calidad ha recibido sobre los sacos de lana?

En la variabilidad en tallas	<input type="checkbox"/>
En la variabilidad de tonos	<input type="checkbox"/>
Defectos en costuras	<input type="checkbox"/>
Defectos en ensamble	<input type="checkbox"/>
Defectos por manchas	<input type="checkbox"/>

3.- ¿En base a la pregunta anterior priorice según el nivel de frecuencia con que estos tipos de quejas se producen, tomando en cuenta que 1 es poco frecuente y 5 es muy frecuente?

En la variabilidad en tallas	<input type="checkbox"/>
En la variabilidad de tonos	<input type="checkbox"/>
Defectos en costuras	<input type="checkbox"/>
Defectos en ensamble	<input type="checkbox"/>
Defectos por manchas	<input type="checkbox"/>



**4.- ¿Estas quejas por problemas de calidad se presentan con mayor frecuencia en?**

Sacos   
 Chompas   
 Ambos

**5.- ¿Cómo consideran los clientes el precio del producto?**

Se quejan por su alto precio   
 Están conformes con el precio

**6.- ¿Se producen devoluciones por cuestiones de calidad del producto ?**

Si   
 No

**7.- ¿En promedio cuantas prendas se devuelven por fallos de calidad diariamente?**

1-5   
 6-10   
 10-15   
 16-20   
 21-25   
 26-30

**8.- ¿En base a la venta diaria de este producto (sacos de lana) en qué porcentaje se dan las devoluciones sacos de hombre y de mujer?**

H ----- M		H (hombre)
0% -----	<input type="checkbox"/>	
100%	<input type="checkbox"/>	M (mujer)
100% ----- 0%	<input type="checkbox"/>	
50% -----	<input type="checkbox"/>	
50%	<input type="checkbox"/>	
70% ----- 30%	<input type="checkbox"/>	
30% ----- 70%	<input type="checkbox"/>	

**9.- ¿Las devoluciones por problemas de calidad en este producto (sacos) han:**


Aumentado   
 Mantenido   
 Disminuido

**10.- ¿Qué porcentaje de la venta diaria se devuelven por problemas de calidad?**

5%   
 10%   
 15%   
 20%   
 30%   
 40%   
 50%

*Evidencia lluvia de ideas*

**Anexo 2.** Lluvia de ideas

<p><b>OBJETIVOS:</b> Levantar información en proceso de ensamble que causa variabilidad de tallas.</p>	
<p><b>CAUSAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando viene la prenda desde el anterior area y se trata de arreglar el problema.</li> <li>• También faltan cm cuando viene el molde justo con la tela, al momento de coser se come un espacio.</li> <li>• Cuando en las máquinas se desvia un tanto la aguja.</li> </ul>	
<p><b>Nombre:</b>                  Rola Quistanchala                  Carmen Rizo                  Andrea Ortega                  Nancy Villareal                  Lidia Cuasque                  Susana Mantalvo</p>	<p><b>Firma:</b>  </p>

**OBJETIVOS:** Levantar información en proceso de corte que causa variabilidad de tallas.

**CAUSAS:**


- Colocar demasiadas capas de tela en la máquina cortadora.
- En tela Vinto (max 40 capas)
- Cuando el corte es manual lo que puede causar variabilidad de tallas es que no se maneja la tijera adecuadamente a que igualmente se corte muchas capas.
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

<b>Nombre:</b> Liliana López Liliana Viquez	<b>Firma:</b> 
.....	.....

**OBJETIVOS:** Levantar información en proceso de trazado de moldes que causa variabilidad de tallas.

**CAUSAS:**

- Mal uso de herramientas para medir.
- Solo usar los moldes previamente fabricados y no revisar las medidas con las muestras.
- Por error de tela se ubica los moldes demasiado juntos.
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

<b>Nombre:</b> Liliana López Liliana Viquez	<b>Firma:</b> 
.....	.....



11.00	0.285	0.787	0.2559	1.7441	0.9754	3.173
12.00	0.266	0.778	0.2836	1.7164	0.9776	3.258
13.00	0.249	0.770	0.3076	1.6924	0.9794	3.336
14.00	0.235	0.763	0.3281	1.6719	0.9810	3.407
15.00	0.223	0.756	0.3468	1.6532	0.9823	3.472
16.00	0.212	0.750	0.3630	1.6370	0.9835	3.532
17.00	0.203	0.744	0.3779	1.6221	0.9845	3.588
18.00	0.194	0.739	0.3909	1.6091	0.9854	3.640
19.00	0.187	0.734	0.4031	1.5969	0.9862	3.689
20.00	0.180	0.729	0.4145	1.5855	0.9869	3.735
21.00	0.173	0.724	0.4251	1.5749	0.9876	3.778
22.00	0.167	0.720	0.4344	1.5656	0.9882	3.819
23.00	0.162	0.716	0.4432	1.5568	0.9887	3.858
24.00	0.157	0.712	0.4516	1.5484	0.9892	3.898
25.00	0.153	0.708	0.4597	1.5403	0.9896	3.931

#### Anexo 4. Fórmula para el cálculo de la productividad

PRODUCTIVIDAD MONOFACTORIAL		
Productividad monofactorial (unidades por dólar)	$\frac{\text{Unidades producidas por lote}}{\text{Costo mano de obra por lote}}$	6.04
Productividad multifactorial (unidades por dólar)	$\frac{\text{Unidades producidas por lote}}{\text{Costo mano de obra} + \text{Costo de materia prima}}$	0.597

#### Anexo 5. Manuales de procedimientos

Manuales de procedimientos para mejorar la capacidad del proceso