

# **Aplicación de la metodología DMAIC para reducir las pérdidas en una empresa textil**

**Lucy Gabriela Aragón Casas**

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, laragonc@pucp.pe

**William Ordoñez Alcántara**

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, william.ordonez@pucp.pe

**Jorge Torres Castañeda**

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, jorge.torresc@pucp.pe

## **ABSTRACT**

DMAIC is an improving processes methodology, which is used in Six Sigma projects. The main objective in these type of projects is to reduce the variability due to be considered as a negative factor for the success and permanence of companies. The methodology consists of a sequence of steps based on the Deming Cycle, it uses qualitative and mainly quantitative tools. In this article, the first phase of two phases of a DMAIC project applied to a textile company is presented. First, it is determined the process of the company that brings the biggest problems in terms of cost due to the poor quality. Next, a quantitative analysis is used to choose the product with the highest economic impact to the Company. Moreover, a capacity analysis of the process is conducted to characterize the voice of the process. Previously, stability of the process is verified using control charts and a study of the ability of the measurement system indicates that the contribution of the system to variability is minimal. The process is analyzed in order to identify the main causes of error in measurements. Finally, the activities of the second phase of project are identified.

**Keywords:** DMAIC, Six Sigma, improving process

## **RESUMEN**

DMAIC es una metodología para la mejora de procesos empleada en los proyectos de Six Sigma, en los cuales el principal objetivo es reducir la variabilidad por ser un factor negativo para el éxito y permanencia de las empresas. La metodología emplea una secuencia de pasos basada en el Ciclo de Deming, en los cuales se utiliza herramientas cualitativas y principalmente cuantitativas. En este artículo, se presenta la primera de dos fases del proyecto que aplica la metodología DMAIC en una empresa textil. En primer lugar, se determina el proceso que ocasiona los mayores problemas a la empresa en terminos de costos por mala calidad. Seguidamente, se elige el producto más representativo considerando el impacto económico sobre la Empresa. Luego, se realiza un análisis de capacidad del proceso para caracterizar la voz del proceso. Previamente, se verifica la estabilidad del proceso con gráficos de control y la validez de la informacion analizada con un estudio de la capacidad del sistema de medición. Se analiza el proceso para identificar las principales causas que originan las fallas en las mediciones. Finalmente, se establecen las actividades a realizar en la segunda fase de proyecto.

**Palabras claves:** DMAIC, Seis Sigma, mejora de procesos

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 REVISION DE LA LITERATURA

La mejora de procesos difícilmente se realiza a partir de la nada; por el contrario, es resultado del rediseño de procesos ya existentes (Collier y Evans, 2009). Es importante mencionar que dicha mejora busca elevar el nivel de ingresos para la compañía al tener procesos más eficientes en términos de reducción de defectos y mermas. Además, la mejora de procesos permite la posibilidad de adquirir mejor tecnología, aumentar la agilidad de respuesta ante posibles cambios en la demanda y las expectativas del cliente, elevar la calidad del producto o servicio al cliente reduciendo el porcentaje de defectos, errores, fallas o mal servicio, entre otros.

Se debe tener en cuenta que la primera instancia de la mejora se da con la cuantificación del desempeño real para poder realizar comparaciones con rendimientos pasados y analizar los impactos obtenidos. Sin embargo, lo ideal es finalmente compararla con el rendimiento de empresas reconocidas por sus mejores prácticas. La calidad está directamente relacionada con la adecuación para el uso y desde el punto de vista moderno la define como inversamente proporcional a la variabilidad (Montgomery, 2006).

Cabe indicar que hoy en día la calidad cumple el rol de ventaja competitiva, de acuerdo a investigaciones realizadas por la empresa PIMS Associates, la cual presenta información sobre el desempeño corporativo de empresas manufactureras en el mundo. Según su análisis, se encontró lo siguiente: Las empresas que ofrecen productos o servicios de alta calidad pueden acceder a grandes mercados, si bien es cierto la calidad implica inversión, se encontró que las empresas que ofrecen productos o servicios de calidad pueden alcanzar el triple de ingresos sobre las ventas a comparación de sus similares que ofrecen un producto de baja calidad (Collier y Evans, 2009).

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

Un proyecto Seis Sigma sigue la metodología DMAIC. Esta metodología debe su nombre a las siglas en inglés para definir, medir, analizar, mejorar y controlar. En la primera etapa se deben definir los objetivos para la actividad a mejorar. Los objetivos más relevantes se obtienen por los requerimientos de los clientes (Pyzdek, 2003); es decir, se debe conocer la voz del cliente. Además, se elabora un mapa de alto nivel para detallar el proceso (Eckes, 2000). El siguiente paso es la medición, el cual es muy importante, ya que involucra la colección de datos para evaluar el nivel actual de desempeño del proceso y provee la información necesaria para las etapas de análisis y mejora (Yang, 2003). En la siguiente etapa, se analiza la situación actual del sistema y se identifica las maneras para disminuir la brecha para alcanzar los objetivos deseados. En la etapa de mejora se debe encontrar nuevas maneras de hacer las cosas de la mejor manera, más barato o más rápido. Se debe usar métodos estadísticos para poder validar las mejoras. Finalmente, se debe controlar el nuevo sistema, esto se logra al institucionalizar la mejora a través de programas de incentivos, políticas, procedimientos y sistemas de gestión (Pyzdek, 2003).

### 1.2 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

La Empresa en estudio pertenece al sector textil y se dedica principalmente a la confección de prendas de vestir para damas y caballeros de todas las edades. Así mismo, la Empresa cuenta con más de dos décadas en el medio, periodo que le ha permitido consolidarse como una de las empresas líderes en su rubro. La Empresa cuenta con dos plantas, en una se fabrica las telas y en la otra se realiza la confección de prendas de vestir. Según la Asociación de Exportadores (ADEX) en el 2012, la Empresa en estudio fue una de las diez primeras empresas textiles con más exportaciones realizadas a destinos como EE.UU y Japón. A pesar de los buenos resultados, la Empresa presenta problemas en sus procesos productivos.

Para identificar los problemas se realizó una sesión de lluvia de ideas con un grupo de expertos conformado por representantes de las áreas de: control de calidad de corte, control de calidad de costura, control de calidad de acabado y habilitado, quienes identificaron los problemas que ocurren durante el proceso productivo. Luego de haber listado los problemas más frecuentes, se realizó una matriz de priorización en la que se enfrenta todas las problemáticas descritas, ponderándolas en función de cinco criterios: Producción, calidad, costo, tiempo de entrega y seguridad. Estos criterios fueron elegidos por los expertos de la Empresa. De acuerdo a los resultados obtenidos en la matriz de priorización, los problemas críticos son: Errores en tendido de tela (1), colocar muchos paños de tela (2), falla del método de corte (4) y devolución de prendas al área de corte (6). Los cuatro problemas seleccionados como críticos pertenecen al proceso de corte. Como resultado, se define que el proceso de corte es el proceso crítico de la Empresa. En consecuencia, las siguientes etapas del proyecto de mejora se desarrollarán en dicho proceso.

**Tabla 1. Matriz de priorización de los problemas de la Empresa**

N°	Descripción	Proceso	Criterios					Total
			Producción	Calidad de Prenda	Costo	Tiempo de entrega	Seguridad y Medio Ambiente	
			20%	30%	15%	15%	20%	
1	Errores en el tendido de tela	Corte	4	4	3	4	1	3,25
2	Colocar muchos paños de tela	Corte	4	4	3	2	1	2,95
3	Error en utilización de moldes	Corte	3	4	3	3	1	2,9
4	Falla del método de corte	Corte	4	4	4	3	1	3,25
5	Problemas de abastecimiento	Planeamiento	3	2	3	3	1	2,3
6	Devolución de prendas al área de corte	Corte	4	4	4	4	1	3,4
7	Errores en basta o costura de prendas	Costura	2	3	2	1	1	1,95
8	Detección de productos con errores	Acabado	2	4	3	2	1	2,55
9	Mala organización de Producto terminado	Almacén	1	1	2	2	3	1,7

## 2. EL CASO: APLICACIÓN DE LAS FASES DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC

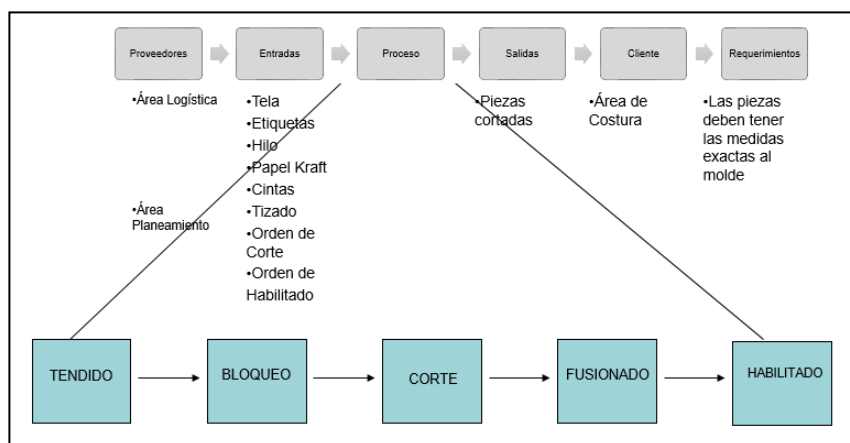
En este estudio se desarrolla las primeras tres etapas, definir, medir y analizar, del proyecto de la aplicación de la metodología DMAIC al proceso crítico de corte de la Empresa. Primero se identifica los principales problemas del proceso de corte relacionados al producto que denominaremos polo R (PR), el cual se eligió como el producto más representativo, considerando el impacto económico sobre la Empresa. Luego, se realiza la medición del proceso para finalizar este estudio con el análisis de los resultados de la medición.

### 2.1 DEFINICIÓN

Para describir el proceso de corte se utilizó el diagrama de alto nivel SIPOC (Ver la Figura 1), con el cual se da una visión general del proceso, identificando a los proveedores, insumos o entradas, los sub-procesos relevantes, las salidas, los clientes y sus requerimientos. En este diagrama se identificó que el área de logística, suministra los fardos de tela, etiquetas, hilos, y otros insumos que el proceso requiera. El área de planeamiento suministra el tizado o moldes para el corte, la orden de corte que indica el detalle de las piezas a cortar y la orden de producción correspondiente. El resultado del proceso son las piezas cortadas que son enviadas hacia el proceso de costura, al cual se denominará en adelante el cliente interno.

Para definir la voz del cliente, se realizó una entrevista al Supervisor de Calidad del área de costura, área que se considera en este estudio como el cliente interno. Se identificó la característica crítica de la calidad para las piezas cortadas y se plasmó esa información en un CQT (*Critical Quality Tree*) que se muestra en la Figura 2. Se puede observar, que la voz del cliente (VOC) se expresa a través del el siguiente requerimiento:  $\frac{1}{4}$  de pulgada para el límite de especificación superior (LES), 0 pulgadas para el valor objetivo y  $-\frac{1}{4}$  de pulgada para el límite de especificación inferior (LEI). Es decir, las piezas cortadas no deben tener diferencias en medidas mayores a  $\frac{1}{4}$  de pulgada o menores a  $-\frac{1}{4}$  de pulgada.

Seguidamente, se identificaron los tipos de fallas más representativos del proceso de corte, para lo cual se utilizó el Diagrama de Pareto de frecuencias, con información correspondiente al primer cuatrimestre del 2013. Los tipos de falla identificados son fallas por asimetría, falla por medidas y falla por la tonalidad en las telas, los cuales sumados representan el 82% de las fallas en el periodo analizado. De estos tres tipos de fallas, solo se puede controlar de manera directa las fallas por asimetría y las fallas por medidas, ya que la frecuencia de estas fallas puede ser disminuida si se implementan mejoras en el proceso de corte. Las fallas por asimetría y las fallas por medidas ocasionan sobrecostos considerables debido al rechazo o reproceso de piezas. Por otro lado, las fallas por medidas son las que ocasionan las fallas por asimetría. En consecuencia, el principal problema a controlar es el tipo de falla por medidas en las prendas.



**Figura 1. Diagrama SIPOC del Proceso de Corte**



**Figura 2. Diagrama CQT para el área de corte**

## 2.2 MEDICIÓN Y ANÁLISIS

En esta etapa, se estudió el sistema de medición de las piezas en el área de corte, se seleccionó las variables a medir, se elaboró el plan de recolección de datos y la toma de muestras, se realizó las mediciones para conocer la capacidad de proceso con respecto a las variables seleccionadas y finalmente se evaluó el sistema de medición.

El primer estudio consistió en analizar la forma en que la empresa realiza las inspecciones y el control de calidad a las piezas cortadas. Anteriormente se determinó que uno de los principales problemas en el área de corte son los rechazos de piezas por falla en medida. Estas fallas en medida se deben a la diferencia que existe entre la medida real de la pieza y la medida del molde ( $Y = \text{medida real de la pieza cortada} - \text{medida del molde}$ ). El área de calidad archiva los registros físicos de las inspecciones de calidad. Se analizó los registros de las mediciones realizadas por el área de calidad a las piezas cortadas del producto PR obtenidas en el periodo enero del 2012 a abril del 2013. En un análisis preliminar se observó que hay diferencias en la dispersión de las variables (Ver Figura 3).

Para continuar con el estudio, se decidió elegir las variables más importantes para el área de corte. En la Tabla 2 se observa un ejemplo de los registros de la Empresa, donde se observa las diferencias de las medidas reales de las piezas con respecto a las medidas del modelo patrón o molde. De las 39 variables que se inspeccionan en el producto PR se eligió para el estudio aquellas con mayor variabilidad, siendo las variables seleccionadas: “largo

delantera HB” y “largo espalda HB”. Para verificar la importancia de las variables seleccionadas se realizó un análisis adicional, en el cual se priorizó las variables según la frecuencia fallas en la medición, obteniéndose que el 60% de las fallas (ver Figura 4) se deben a fallas en el “largo delantero HB” y “largo espalda HB”. Considerando que en ambos análisis, las variables coinciden, se confirma la correcta elección de estas como críticas.

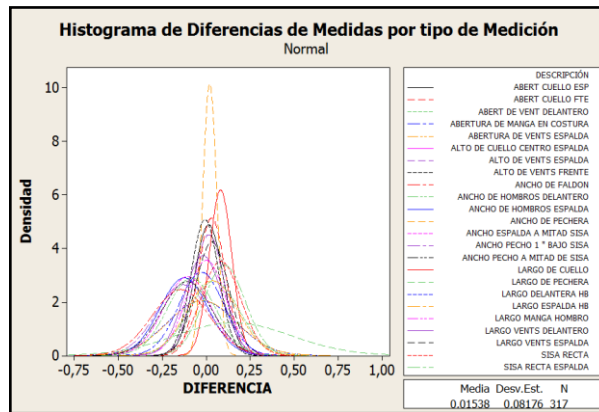


Figura 3. Histograma de Diferencia Medidas por tipo de Medición

Tabla 2. Desviación estándar de las características medidas

DESCRIPCION	n	Media	Desviación
LARGO DELANTERA HB	354	-0	7/34
LARGO ESPALDA HB	354	- 1/38	18/95
ANCHO DE FALDON	354	- 1/7	11/72
ANCHO PECHO 1 " BAJO SISA	354	- 9/73	1/7
ANCHO DE HOMBROS DELANTERO	336	- 4/53	6/43
ANCHO DE HOMBROS ESPALDA	336	- 2/17	13/94
ANCHO ESPALDA A MITAD SISA	305	- 5/54	4/29
ANCHO PECHO A MITAD DE SISA	281	- 10/89	11/81
ABERTURA DE MANGA EN COSTURA	344	- 1/34	2/15
SISA RECTA ESPALDA	334	7/61	9/79
SISA RECTA	334	3/34	1/9
LARGO MANGA HOMBRO	328	- 1/98	5/46
ABERT CUELLO ESP	317	0	6/67
ABERT CUELLO FTE	317	4/99	7/82

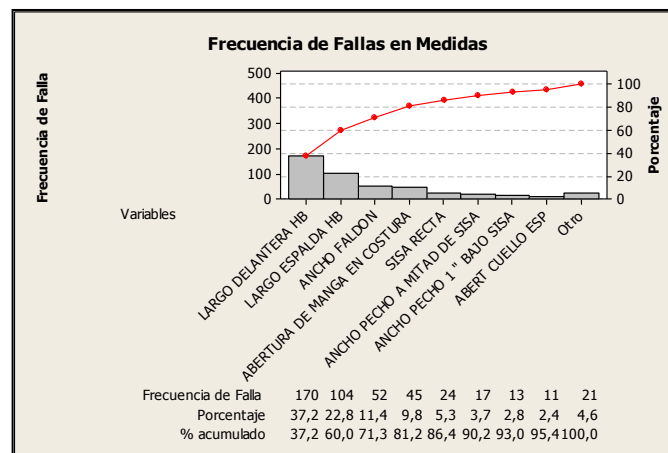


Figura 4. Gráfico de Pareto - frecuencia de fallas según la variable medida

Una vez elegidas las variables, se diseñaron gráficos de control tipo X barra-R con el objetivo de determinar la estabilidad del proceso. Se eligieron límites de control a una distancia de tres desviaciones estándares, el tamaño de muestra fue de 6 mediciones y 59 subgrupos racionales seleccionados con el objetivo de minimizar la variabilidad dentro de la muestra y maximizar la variabilidad entre muestras. A pesar de que las variables no tienen una distribución normal, por el Teorema del Límite Central, la distribución de la variable muestral es normal (Montgomery, 2006). Esto se verificó con la prueba de normalidad Anderson Darling realizada a cada una de las variables muestrales, obteniéndose en ambos casos el valor p mayor a 0.05. La figura 5 muestra los gráficos de control para la variable largo delantero HB y la variable largo espalda HB. En ambos casos se evidencia que el proceso está fuera de control estadístico ya que se observa que existen puntos fuera de control en ambos gráficos.

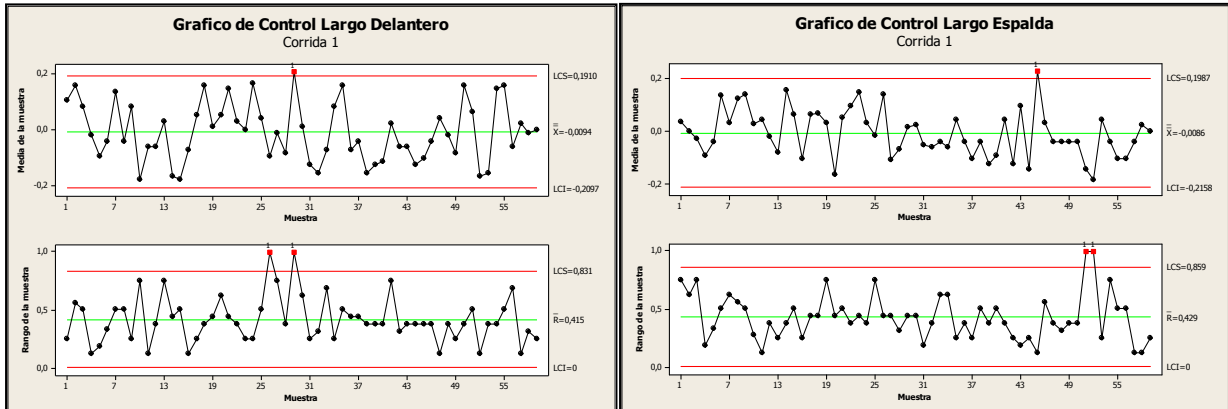


Figura 5. Gráficos de control Xbarra – R para las variables largo delantero y de espalda HB.

Seguidamente, se analizó las condiciones del proceso en las muestras que estaban fuera de control. Se determinó que los puntos que estaban fuera de control correspondían a muestras que se obtuvieron cuando había la presencia de operarios nuevos en el área de corte. Para estas muestras se encontró que los operarios que realizaron el corte no tenían mucha experiencia en la operación debido a que estos operarios tenían menos de un mes en la empresa y se les había asignado realizar el corte por falta de personal experimentado en ese momento. Teniendo en cuenta lo anterior, se revisaron los límites de control, obteniéndose las gráficas de la Figura 6. Al analizar las gráficas bajo las reglas de sensibilidad para corroborar la estabilidad del proceso se observa que no existen puntos fuera de control, patrones, tendencia, inestabilidad ni carreras. En consecuencia, se afirma que el proceso se encuentra bajo control estadístico considerando ambas variables.

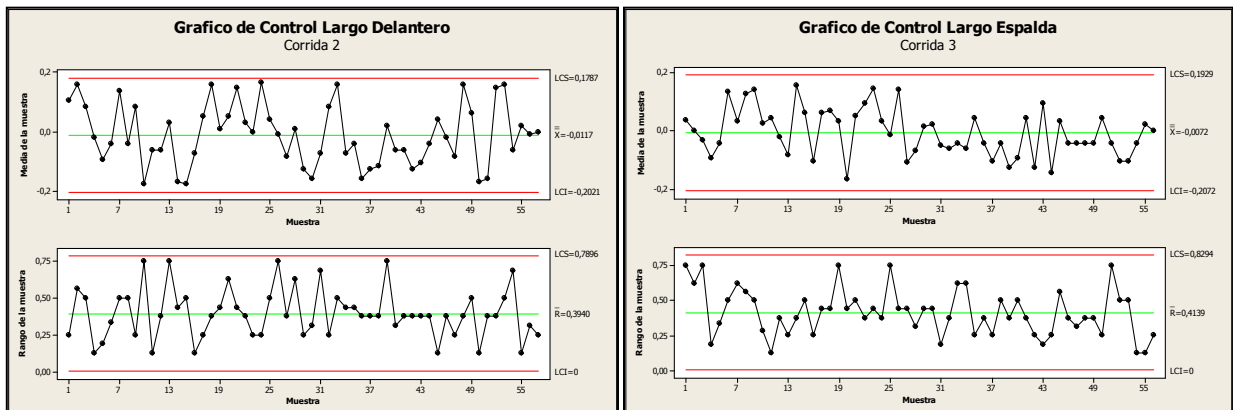


Figura 6. Gráficos de control Xbarra – R revisados para largo delantero y de espalda HB.

Una vez verificada la estabilidad del proceso, se procedió a determinar el nivel del desempeño del proceso con relación a las especificaciones del cliente. Previamente se verificaron los supuestos para que el cálculo del índice de capacidad sea válido: La variable sigue una distribución normal, el proceso está bajo control estadístico y la media está centrada entre el límite de especificación superior y el límite de especificación inferior (Montgomery,

2005). Para cumplir con la primera condición, se realizó una transformación Box-Cox a ambas variables, debido a que no se ajustaban a la distribución normal. Por otro lado, las medias de ambas variables se encuentran centradas. Asimismo, previamente se determinó que el proceso se encontraba bajo control estadístico. Se calcularon los índices de capacidad de proceso para las dos variables en estudio, los cuales se pueden observar en la Figura 7.

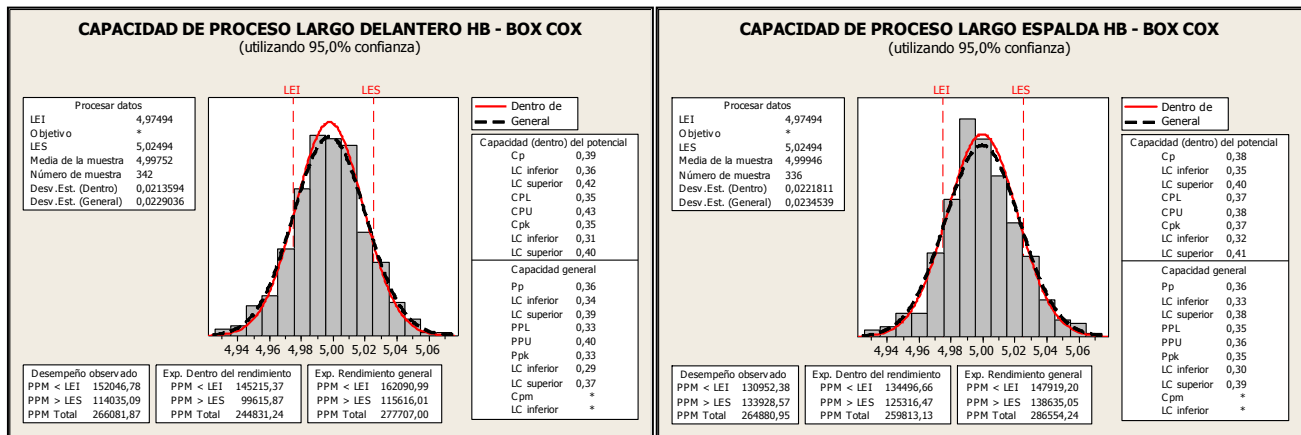


Figura 7. Gráficos de Capacidad de proceso - variables largo delantero y largo de espalda HB.

Para la variable “Largo Delantero HB” se observa un valor de índice Cp de 0,39. En conclusión, el proceso no es potencialmente capaz. Además, se observa que hay 277 707 ppm fuera de las especificaciones, en otras palabras se tiene un nivel sigma de 0,69; es decir, el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente. Asimismo, la Figura 7 muestra un valor del índice Cp de 0,38 para la variable “Largo Espalda HB”. Además, se observa que hay 286 554 ppm fuera de las especificaciones, lo que significa un nivel sigma de 0,64. En otras palabras, el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente. En ambos casos no se cumple con el valor del Cp esperado 1.33 para procesos existentes (Montgomery, 2006). Por lo tanto, luego de haber analizado ambas variables se determina que el proceso de corte no está cumpliendo las especificaciones del cliente.

Para validar los resultados obtenidos previamente se verificó la capacidad del sistema de medición. Para ello se realizó un análisis R & R cruzado. El propósito del estudio R&R es cuantificar las fuentes de variación en el sistema de medición. Para esto, se tomaron ocho piezas y se realizaron tres réplicas por cada uno de los tres operarios de calidad seleccionados. Las mediciones se realizaron de manera aleatoria y se ingresaron al software Minitab para analizar el sistema de medición. Los operarios utilizados para esta prueba pertenecen al área de calidad con años de experiencia y que realizan las mediciones continuamente, es decir tienen el mismo método.

El análisis de varianza de la Figura 8 muestra que los p-values para Operador y la interacción de Parte – Operador son mayores a 0,05, lo cual significa que cumplen con la Hipótesis nula, es decir, no existe diferencia entre las mediciones de los operarios. Por otro lado, el p-value para Parte es menor a 0,05, lo cual significa que sí existe diferencia de mediciones entre las partes. Este resultado indica que el sistema de medición detecta diferencia entre partes y que no existe diferencia de medidas entre operarios. En la Figura 9, se observa que el mayor porcentaje de contribución a la variación es debido a la variación entre las partes o piezas con un 98,69%. La repetibilidad contribuye a la variación con un 16,14% y la reproducibilidad con 0%. Además, se observa que el porcentaje de contribución a la variación por parte del sistema de medición es de 16,14%, es decir el sistema es potencialmente aceptable, ya que se encuentra en el rango de 10% a 30%.

Con los resultados obtenidos sobre la incapacidad del proceso para obtener piezas cortadas dentro de los límites de especificación, con relación a las variables largo delantero HB y largo espalda HB, la estabilidad del mismo y la validez del sistema de medición, ahora se procede a analizar el proceso con la finalidad de identificar las posibles causas que originan la incapacidad del proceso de corte. El primer análisis consistió en identificar las causas raíz que originan las fallas en medidas usando un diagrama espina de pescado.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Parte	7	1,79074	0,255821	340,278	0,000
Operador	2	0,00076	0,000380	0,505	0,614
Parte*Operador	14	0,01053	0,000752	0,990	0,478
Repetibilidad	48	0,03646	0,000760		
Total	71	1,83849			

Alfa para eliminar el término de interacción = 0,25

**Figura 8. Resultados del estudio R y R del sistema de medición - ANOVA.**

<b>Fuente</b>	<b>Desv.Est. (DE)</b>	<b>Var.estudio (6 * DE)</b>	<b>% Var. estudio (%VE)</b>
Gage R&R total	0,027528	0,16517	16,14
Repetibilidad	0,027528	0,16517	16,14
Reproducibilidad	0,000000	0,00000	0,00
Operador	0,000000	0,00000	0,00
Parte a parte	0,168346	1,01007	98,69
Variación total	0,170582	1,02349	100,00

Número de categorías distintas = 8

**Figura 9. Resultados del estudio R y R del sistema de medición - Porcentaje de contribución.**

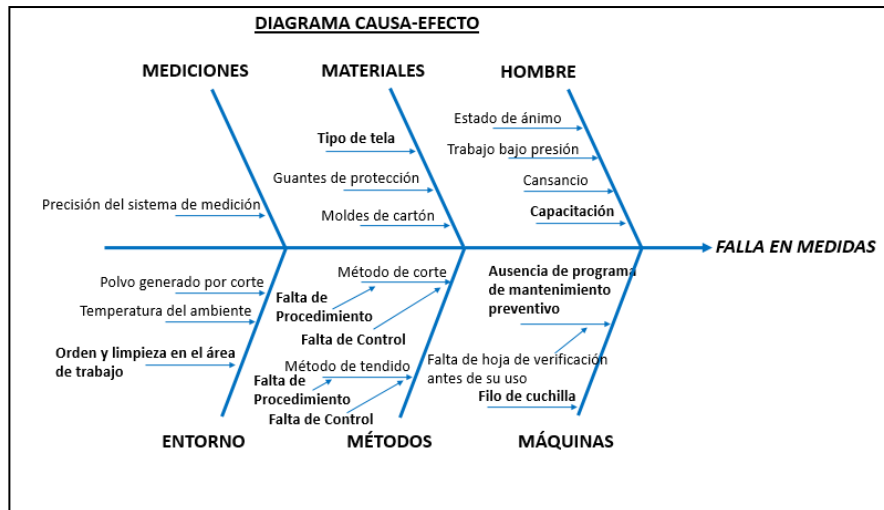
En la Figura 10, se observa que existen diferentes causas relacionadas a los factores: hombre, material, medición, máquinas, método y entorno. Este diagrama de espina de pescado fue elaborado con la colaboración de personas expertas pertenecientes al área de corte y en este se pueden observar las posibles causas para obtener fallas por medidas.

Además, se observa que bajo el factor Hombre las causas resaltantes pueden ser el cansancio, el trabajo bajo presión, el estado de ánimo y nivel de capacitación de los operarios. Es preciso indicar que con respecto al nivel de conocimiento de los operarios, se evidenció falta de capacitación al personal en temas de calidad como mejora continua, herramientas de calidad y uso de tabla de muestreo por atributos. En cuanto al factor material, se encontró que una posible fuente principal de falla en medidas es el tipo de tela con la que se trabaja, ya que las telas tienen propiedades diferentes como el encogimiento, entre otras (en el estudio se utilizó Pique 20/1). Así también, como posibles factores de falla también se tienen los guantes de protección para el operario y los moldes patrones proporcionados por el área de ingeniería que sirven como modelo para el corte de las telas. Para el caso de los guantes de protección, según explicaron los expertos, son causantes de incomodidad para el operario al momento de realizar la operación de corte; asimismo, los moldes al ser de un material de baja resistencia se deterioran fácilmente y se exceden los límites establecidos al realizar esta operación. Bajo el factor Medición, y de acuerdo con la opinión de los especialistas del área, se encontró que una posible causa para obtener fallas en medidas es la precisión del sistema de medición; sin embargo, según los resultados del análisis R&R se comprobó que el sistema de medición del área de auditoría es adecuado. Por lo tanto, no es una causa raíz para el problema.

Para el factor Máquinas la falta de mantenimiento preventivo de las cortadoras eléctricas y cinteras es una posible causa para que existan fallas en el corte de las piezas. Así también, es importante indicar que la falta de mantenimiento de las cuchillas que se utilizan en las máquinas de corte puede ocasionar fallas en las piezas finales. Por otro lado, el no contar actualmente con una hoja de verificación para controlar el buen estado de las máquinas antes de su uso, sugiere que el mantenimiento preventivo puede ser un factor de falla y en consecuencia causar las diferencias en medidas. Para el factor Método se encontró que las posibles causas para que ocurra una falla en medidas son la falta de procedimientos y mecanismos de control para el tendido y corte. Actualmente, el tendido de tela se realiza de manera manual a cargo de dos a tres operarios. Además, el número de paños tendidos



es un parámetro relevante para el proceso; no obstante, no existe un estándar establecido para determinar el adecuado número de paños a tender, recurriendo a la experiencia del operario. En cuanto al método de corte, se observó que se realiza con una sierra recta eléctrica dirigida por un operario; actualmente, esta operación no se encuentra estandarizada. Bajo el factor ambiente o entorno se encuentran posibles causas como la temperatura ambiente del área de trabajo que puede disminuir la eficiencia del operario. Además, el orden y limpieza de la mesa es una posible causa que puede conllevar a un mal tendido de los paños.



**Figura 10. Diagrama Causa Efecto - Falla en Medidas**

En conclusión, aquellas causas que son relevantes para que se presenten fallas en el proceso de corte son:

- Tipo de tela
- Falta de capacitación
- Mantenimiento preventivo de máquinas
- Filo de cuchillas
- Falta de Procedimientos en la operaciones de Tendido y Corte
- Falta de Controles en métodos de Tendido y Corte
- Orden y limpieza en espacio de trabajo

### 3. CONCLUSIONES

El desarrollo de las etapas definir, medir y analizar han sido exitosas, se ha logrado identificar el proceso crítico para la Empresa: el corte. Luego, se identificó el principal problema que afecta al proceso de corte: la diferencia en las medidas. Se identificó la voz del cliente, área de costura, expresada como los límites de especificación. Con el objetivo de evaluar el cumplimiento de las especificaciones, se eligió el producto y variables de medición representativos en el proceso de corte. El producto se eligió considerando la importancia económica para la Empresa. Las variables de medición a analizar se eligieron considerando dos criterios por separado. En un primer análisis se priorizó según la variabilidad, eligiéndose a las que presentaban los valores más altos: largo delantero HB y largo espalda HB. Esta elección coincidió con el resultado del análisis según la frecuencia de fallas registrado por la Empresa. El cumplimiento del proceso con respecto a las especificaciones del cliente interno se analizó con un estudio de capacidad del proceso, para lo cual se validó el cumplimiento de la normalidad, el cual no fue exitoso. Sin embargo, al cumplir con el Teorema del Límite Central, se logró utilizar los gráficos de control Xbarra –R para verificar el segundo supuesto, estabilidad estadística del proceso. Se concluyó que el proceso de corte es incapaz de cumplir las especificaciones del área de costura. Para poder identificar las posibles mejoras a desarrollar en el proceso de corte, se identificó las posibles causas que originan las fallas de medidas mediante un análisis de causa – efecto con el diagrama Ishikawa. Como resultado se obtuvo que las principales causas: Tipo de tela, falta de capacitación, mantenimiento preventivo de máquinas, filo de cuchillas, falta de

procedimientos en las operaciones de tendido y corte, la falta de controles en métodos de tendido y corte, y el orden y limpieza en espacio de trabajo. La metodología ha permitido que se llegue a esta conclusión a través del uso coherente de herramientas cualitativas y cuantitativas. Los resultados están basados en información recopilada de la Empresa según los métodos descritos previamente. El proceso y los problemas coinciden con lo indicado por los expertos de la empresa, quienes a pesar de que no cuentan con una preparación estadística y matemática, tienen una amplia experiencia y consideramos que es positivo el hecho de que los hallazgos coincidan.

En la siguiente fase del proyecto se realizará una priorización de causas para determinar las más importantes. Seguidamente, se realizará un análisis de diseño de experimentos para determinar los factores que afectan significativamente al proceso de corte y descartar los no relevantes. Con este análisis se logrará validar las causas de los problemas de diferencia en las mediciones del largo delantero HB y largo de espalda HB. La siguiente etapa consistirá en definir las mejoras a realizar en el proceso e implantarlas. Finalmente, se realizará el control del estado de las variables críticas luego de las mejoras en el proceso.

## **REFERENCIAS**

- Barba, E. (2000). “Seis Sigma Una Iniciativa De Calidad”. 2da Edición. Barcelona.
- Breyfogle, F. (2003) “*Implementing Six Sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods*”. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Collier, D. y Evans, J. (2009). “Administración De Operaciones Bines, Servicios Y Cadena De Valor”. 2da Edición. México: Cengage Learning Inc.
- Eckes, G. (2003). “*Six Sigma for Everyone*”. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Escalante, E. (2003). “Seis-Sigma: Metodología y Técnicas”. México: Limusa.
- Gomez, F., Villar, J. Y Tejero, M. (2002). “*Seis Sigma*”. Madrid: Fundación Confemetal.
- Kogio, N. (1991) “Poka Yoke: Mejorando la Calidad del Producto evitando los defectos”. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción.
- Montgomery, D. (2006). “Control Estadístico de la Calidad”. 3da Edición. México: Limusa Wiley.
- Pyzdek, T. (2003). “*The Six Sigma Handbook*”. New York: Mc- Graw Hill.
- Yang, K. (2003) “*Design for six sigma*”. New York: Mc- Graw Hill.

## ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*