

Aplicación de un programa seis sigma para la mejora de calidad en una empresa de confecciones

Implementation of a program for six sigma quality improvement in a apparel company

Néstor Caicedo Solano¹

¹ Magíster en Ciencias de la Ingeniería Industrial, Profesor Tiempo Completo, Universidad Autónoma del Caribe, Gestión Moderna de Operaciones (GeMop), n.caicedo@uac.edu.co

Recibido 20/04/11, Aceptado 1/11/2011

RESUMEN

Una empresa esbelta es aquella que logra una mejora continua en todos sus procesos tanto administrativos como de manufactura, estas mejoras se logran incorporando en la cultura empresarial filosofías que permitan llevar a cabo proyectos que den respuesta a los problemas raíz de las compañías los cuales afectan a los procesos, los productos, el ambiente organizacional, la forma de gerenciar y en general toda la empresa; lo importante de los proyectos de mejora es que generan ventajas competitivas sostenibles. Este artículo se enfoca en la aplicación de un programa Seis Sigma, cuya actividad principal es la confección y distribución de material de intendencia para las Fuerzas Armadas Colombianas. La aplicación del proyecto da como resultado una reducción significativa en los costos de no calidad y un aumento en la capacidad de los procesos.

Palabras Clave: Seis Sigma, Costos de no calidad, Control estadístico de calidad, Diseño de experimentos.

ABSTRACT

A lean company is one that achieves continuous improvement in all processes administrative and manufacturing, these improvements are achieved by incorporating into the corporate culture philosophies that can carry out projects that respond to the following issues which affect companies processes, products, organizational climate, how to manage and generally across the enterprise, how important is improvement projects that generate sustainable competitive advantages. This article focuses on the application of Six Sigma program, whose main activity is the manufacture and distribution of war material to the Colombian Armed Forces. The implementation of project results in a significant reduction in non-quality costs and increased process capability.

Keywords: Six Sigma, Quality costs, statistical process control, Design of experiments.

1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos de mejora continua buscan eliminar todo aquello que no contribuye al valor agregado de los productos y a la satisfacción de los clientes, para esto se realiza un detallado análisis de todo el ambiente laboral buscando procesos redundantes, inconvenientes en el flujo de material, cuellos de botella, exceso de suciedad, acumulación material de proceso, es decir todo aquello que podría afectar los procesos disminuyendo la capacidad de estos lo que resulta en problemas de calidad y afecta los tiempos de ciclo [1], definiendo de esta manera lo que identificamos como una empresa esbelta [2].

La filosofía de mejoramiento continua Seis Sigma es un conjunto de técnicas y conceptos de carácter administrativo y estadístico que se enfocan en reducir la variabilidad en los procesos, entre menos variabilidad se tienen procesos relativamente estables los cuales se pueden llegar a predecir con mayor facilidad por lo menos en el corto plazo, además si se tienen procesos controlados estadísticamente se asegura con un cierto nivel de confianza que no se generara producto no conforme y se puede realizar análisis que permitan identificar de manera certera las causas principales que afectan el rendimiento de los procesos [3]. Seis Sigma también se define como un manejo disciplinado de datos, enfocado hacia un proceso de mejora continua de la calidad y la productividad con resultados en la rentabilidad de la organización [4], apoyándose en el desarrollo de estrategias de manufactura [5].

El gran inconveniente de la mayoría de las empresas es que toman decisiones apresuradas antes de que estas sean evaluadas profundamente [6]. En este punto Seis Sigma juega un papel determinante ya que permite reconocer los problemas, priorizar decisiones, escoger la solución más viable, implementarla, controlar y mantener los beneficios [7].

Este artículo se basa en un estudio de caso, realizado en una empresa manufacturera que busca reducir la cantidad de producto defectuoso de Morral de Campaña, Frazada Térmica y Portacantimplora mediante el diseño e implementación de un programa Seis Sigma.

Seis Sigma usa un proceso estandarizado de paso a paso, con herramientas específicas para desarrollar el proyecto [8]. Por esta razón, el artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección 1 se muestra el caso de estudio y la solución del problema mediante los pasos de la metodología Seis Sigma. La sección 2 presenta el impacto del proyecto. Por último en la sección 3 se presentan las conclusiones del proyecto.

2. CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio busca reducir la cantidad de producto defectuoso de Morral de Campaña, Frazada Térmica y Portacantimplora en una empresa manufacturera Industrial y Comercial lo que se traduce en un aumento de capacidad de los procesos y en una reducción de los costos de no calidad.

Este problema va a ser abordado con la metodología Seis Sigma, la ecuación básica $Y = f(X_1, \dots, X_n)$ define que los resultados de producto (Y) son una función (f) de muchas variables de procesos X_1, \dots, X_n . El enfoque Seis Sigma identifica las variables del proceso que causan variación en los resultados del producto. [9]

La aplicación de la herramienta Seis Sigma es de gran importancia para la compañía debido a que el control realizado por las Fuerzas Armadas, principal contratante, es estricto y en caso de incumplimiento la empresa es multada e impedida para presentarse en futuras licitaciones.

El trabajo tendrá gran impacto ya que no se encontró una conciencia clara acerca de la importancia de llevar a cabo un adecuado control estadístico de la calidad. Por esta razón la empresa no cuenta con datos históricos que permitan llevar a cabo estudios sobre las variables significativas de variación en los procesos de confección de los tres productos; lo que lleva a que se generen productos no conformes, aumentando los costos de no calidad y disminuyendo la satisfacción del cliente. Debido a que la empresa obtiene contratos por medio de licitaciones públicas aplicar herramientas de mejora le permitirá ser más competitiva respecto al precio que puede ofrecer por sus productos y asegurar que los defectos no lleguen hasta el cliente final, evitando los inconvenientes anteriormente mencionados.

2.1. PRIMERA FASE: DEFINICIÓN

En esta fase se define el alcance y las metas del proyecto de mejora con el fin de llevar a cabo un adecuado control de la calidad [10]. Teniendo en cuenta que las empresas cambian día a día, es necesario definir estrategias que reflejen esos cambios en la calidad que perciben los clientes a partir de la manufactura [9].

Es necesario que el grupo de trabajo se haga las siguientes preguntas: ¿Como son los procesos de producción?, ¿Que está fallando en los procesos?, ¿Cual es el problema principal? ¿Donde se está generando?, ¿Cual es su impacto?

Debido a que la empresa no cuenta con datos históricos como ya se menciono, y es la primera vez que se va a im-

plementar un proyecto de mejora continua las metas no son muy claras y son difíciles de cuantificar, por esta razón las metas del proyecto serán reducir los costos de no calidad y aumentar la capacidad de los procesos aunque sea en un 2%.

Con el fin de encontrar las causas de la variación en los procesos productivos de los tres productos (Morrall de Campaña, Frazada Térmica y Portacantimplora), el equipo de trabajo comenzó a registrar datos en las cuatro celdas de manufactura para determinar las fallas principales que se presentan en los productos y los costos de no calidad en los que se incurren.

Es importante tener en cuenta que un contrato de Morrall de Campaña corresponde a 29.000 unidades con un precio de venta de COP 170.000, uno de Frazada Térmica es de 30.000 unidades con un precio de venta de COP 67.000 y uno de Portacantimplora es de 16.000 unidades con un precio de venta de COP 18.000.

Los resultados de las principales fallas son:

- Morrall de Campaña:
 1. Costuras Defectuosas: 34,5%
 2. Medida entre bolsillos: 23%
 3. Medida ancho bolsillo: 13,8%
 4. Medida boca: 11,5%
 5. Otras fallas: 17,2%
- Frazada Térmica:
 1. Costuras defectuosas: 43,8%
 2. Falta cordón: 25%
 3. Falta presilla: 18,8%
 4. Otras fallas: 12,4%
- Portacantimplora:
 1. Costuras defectuosas: 48,8%
 2. Broche mal puesto: 18,3%
 3. Ojalete mal puesto: 13,4%
 4. Embone mal puesto: 9,8%
 5. Otras fallas: 9,7%

Una vez se conocen las principales fallas presentes en los productos se procede a determinar los costos de no calidad de la siguiente manera:

- Se habló con la gerencia y ésta determinó que los costos de reproceso corresponden al 1%, 2% y 4% para Frazada Térmica, Portacantimplora y Morrall de Campaña respectivamente del valor facturado.
- Los costos por desperdicio corresponden al material perdido en cada una de las principales fallas en los diferentes productos.

- Los costos de reclasificación corresponden al 0,6% del total facturado.
- Los costos de garantía corresponden al 0,5% del total facturado.

Del análisis de los costos de no calidad se llegó a la conclusión que los costos que más afectan son los de reprocesos y desperdicios que corresponden al 77% del total de los costos de no calidad, es importante tener presente que actualmente los costos de no calidad corresponden al 5% del total facturado.

De lo anterior se puede concluir que la falla que más se presenta en los productos son las costuras defectuosas, además la gerencia expresó su interés en tratar de solucionar los problemas relacionados con las medidas en el Morrall de Campaña pues estos involucran un gran porcentaje de costos de reprocesos y desperdicios, por esta razón el proyecto de mejoramiento de la calidad se enfocara en el problema de las costuras defectuosas y el no cumplimiento de las especificaciones de las medidas en el Morrall de Campaña.

2.2. Segunda Fase: Medición

En esta fase se realiza la caracterización de cada uno de los procesos productivos y se registra información importante con el fin de determinar la capacidad de los procesos iniciales [11].

La caracterización de los procesos permite tener una clara visión de los diferentes pasos para producir el producto final (Y) y las variables relevantes (X) en dicho proceso.

Se realizaron Diagramas de Operación para cada uno de los productos; una vez se tuvo claridad de cada uno de los procesos productivos el equipo realizó una lluvia de ideas con los diferentes miembros de la compañía con el fin de determinar cuáles son las posibles causas que afectan la obtención de las medidas del Morrall de Campaña y hacen que se presenten costuras imperfectas en los tres productos.

Después de que el equipo analizó todas las posibles causas llegó a la conclusión que las que pueden tener un mayor impacto en los procesos son: para las medidas del Morrall de Campaña, Falta de atención de los operarios, Falta de Capacitación, No revisión de calidad en cada sub-proceso, Falta de estandarización de los procesos y Falta de mantenimiento preventivo a las máquinas; para la presencia de costuras defectuosas, Falta de limpieza en el lugar de trabajo, No revisión de calidad en cada sub-proceso y Falta de mantenimiento preventivo a las máquinas.

Con el fin de asegurar que las variaciones se deben a causas comunes (a la suerte) y no a causas especiales (o asignables) las cuales generan variación excesiva [12]; se realizaron Gráficas de Control y R para las medidas del Morral de Campaña y Gráficas P para determinar la fracción de productos con costuras defectuosas. El resultado es el siguiente:

Figura 1: Gráfica de Control medida entre bolsillos.
Figure 1: Control charts for width between pockets.

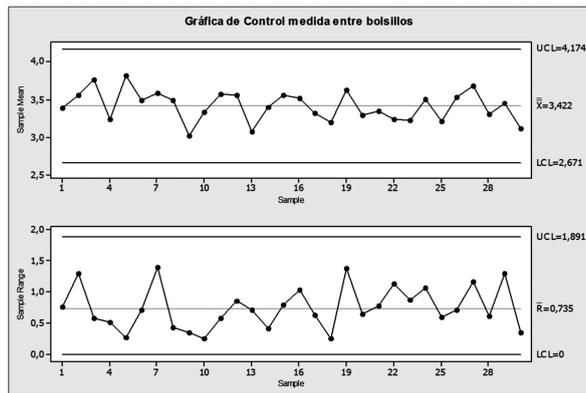


Figura 2: Gráfica de Control boca morral.
Figure 2: Control charts for mouth backpack.

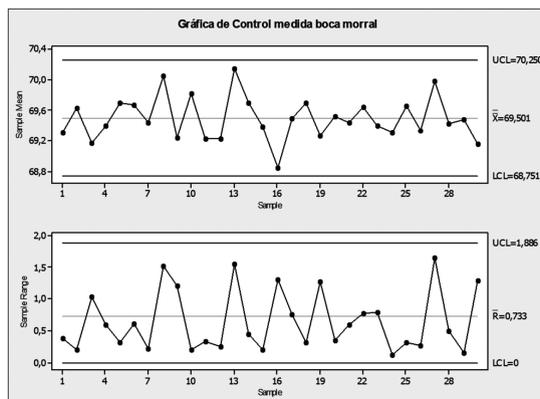
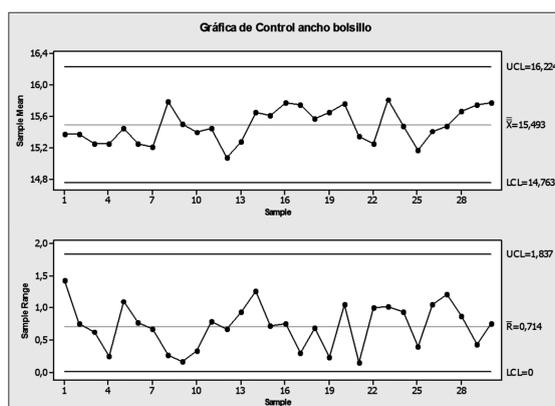


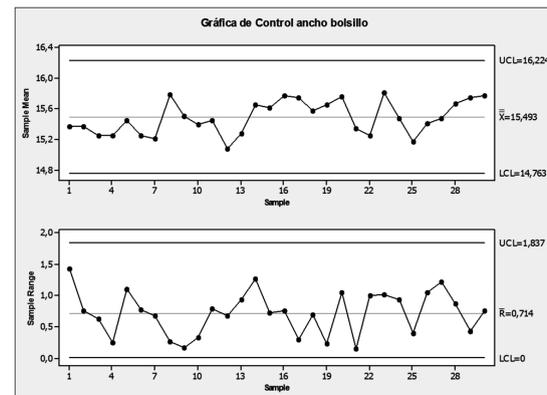
Figura 3: Gráfica de Control ancho bolsillo.
Figure 3: Control charts for width pockets



De las gráficas anteriores se puede concluir que los procesos se encuentran bajo control estadístico ya que no se presentan puntos por fuera de los límites de control ni tampoco señales como tendencias, ciclos, demasiados puntos en una sola zona, comportamiento errático, etc.

A continuación se muestra la Gráfica P de proporción de costuras defectuosas.

Figura 4: Gráfica P proporción costuras defectuosas.
Figure 4: Control charts for defective seams.



Si se analiza la gráfica se puede ver que existen puntos por fuera de los límites lo que indica que hay falta de control estadístico en el proceso, además que hay una fracción significativamente alta de no conformidad.

También es necesario analizar los puntos que se encuentra por debajo del límite de control inferior para asegurar que esta baja proporción de no conformidad se debe a mejoras en la calidad y no a otras causas como que un inspector haya cometido un error al aceptar algunas unidades no conformes o se usó una muestra de tamaño bastante diferente al promedio para calcular los límites.

Una vez se conoce que los procesos se encuentran bajo control estadístico se procede a determinar la capacidad de estos, se realizaron pruebas para determinar la distribución de los datos y se encontró que no se distribuyen Normal, por esta razón se utilizara los índices P_p y P_{pk} .

En la siguiente tabla se muestra las especificaciones, tolerancias de cada una de las medidas y la capacidad de los procesos.

De la anterior tabla se puede concluir que los procesos están generando producto no conforme ya que el índice P_p es menor a 1 y su valor es muy bajo, que los índices P_p y P_{pk} no sean iguales significa que el proceso no está centrado, es decir se está generando mayor cantidad de producto no conforme hacia uno de los límites de especificación.

Tabla 1: Especificaciones y Capacidad de Procesos.
Table 1: Specifications and process capability

Medida	Especificación (cm)	Capacidad de Proceso	
Entre bolsillos	3,5 +/- 5	Pp=0,41	Ppk=0,37
Ancho boca	69,5 +/- 5	Pp=0,37	Ppk=0,37
Ancho bolsillo	15,5 +/-5	Pp=0,41	Ppk=0,41

2.3. Tercera Fase: Análisis

En esta fase se realizó una recolección de datos con el fin de probar si las posibles causas realmente afectan estadísticamente los procesos. Se trabajara con las causas que el equipo de trabajo determino que eran relevantes en la fase de medición, para ello se realiza un Plan de recopilación de datos, donde se define que se piensa probar, las hipótesis y la herramienta estadística que se va a utilizar:

• **Incumplimiento medidas del morral y costuras sueltas:**

X_1 : Se realizaran gráficas con el fin de determinar si las fallas en los productos corresponden a errores involuntarios por parte de los operarios, si esto sucede los datos deben seguir un patrón aleatorio.

X_2 : Se realizaran jornadas de capacitación en dos de las celdas de manufactura del proceso productivo del Morral de Campaña, posteriormente mediante una prueba pareada se determinara si la capacitación tiene influencia en la cantidad de producto no conforme.

X_3, X_7 : Se incorpora la revisión de calidad en cada uno de los sub-procesos de los diferentes procesos productivos en dos de las cuatro celdas de manufactura, posteriormente mediante una prueba pareada se determinara si existe evidencia estadística que indique que la revisión en cada uno del sub-proceso influye en la cantidad de producto no conforme.

X_4 : Para mirar si la estandarización de los procesos influye en la cantidad de producto no conforme se realizaran Diagramas de Flujo y se repartirán a dos de las cuatro celdas de manufactura, posteriormente mediante una prueba pareada se determinara si las estandarización de los procesos realmente influye en la cantidad de producto no conforme,

X_5, X_8 : Con el fin de determinar si el mantenimiento preventivo de las máquinas influye en la cantidad de producto final no conforme, se realizaran distintas jornadas de

mantenimiento de diferentes tiempos y se determinara la cantidad de producto no conforme en cada una de estas, posteriormente mediante pruebas de correlación se concluirá si el tiempo de mantenimiento preventivo afecta la cantidad de producto final no conforme.

X_6 : Con el fin de determinar si el desorden en el lugar de trabajo influye en la cantidad de producto no conforme, al igual que en los casos anteriores se realizaran pruebas pareadas para determinar si la limpieza del sitio de trabajo influye o no en la cantidad de producto no conforme, en este caso en dos de las celdas de manufactura se llevara a cabo una jornada de limpieza siguiendo los pasos de la filosofía 5S mientras que en las otras dos se trabajara en las mismas condiciones actuales.

Las hipótesis que se probaran en cada una de las pruebas son las siguientes:

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1 - \mu_2$$

$$H_1 : \mu_d \neq \mu_0$$

Los resultados de cada una de las pruebas se resumen a continuación:

• **Incumplimiento medidas del morral**

X_1 : Se realizaron gráficas de cada uno de los errores cometidos por los operarios y se llego a la conclusión que los datos siguen un patrón totalmente aleatorio lo que indica que los errores por parte de los operarios son involuntarios y una de las causas es la falta de atención de estos.

X_2 : Falta de experiencia de los operarios.

Tabla 2: Resultados capacitación de los operarios.

Table 2: Results operators in training

Medida	Intervalo de confianza, $\alpha=0,05$	p-valué
Entre bolsillo	[3,192 – 4,502]	0
Ancho bolsillo	[1,835 – 2,778]	0
Boca morral	[-0,523 – 0,387]	0,761

De lo anterior se puede concluir que con un nivel de confianza del 95% que la capacitación influye en el cumplimiento de dos de las tres medidas del Morral de Campaña.

X_3 : No revisión de calidad en cada sub-proceso.

Tabla 3: Resultados revisión cada sub-proceso.
Table 3: Results for sub-process.

Medida	Intervalo de confianza, $\alpha=0,05$	p-valué
Entre bolsillo	[3,822 - 5,574]	0
Ancho bolsillo	[2,456 - 3,661]	0
Boca morral	[2,277 - 3,222]	0

De lo anterior se puede concluir que con un nivel de confianza del 95% la revisión en cada sub-proceso influye en el cumplimiento de las tres medidas del morral de campaña.

X_4 : Falta estandarización en los procesos.

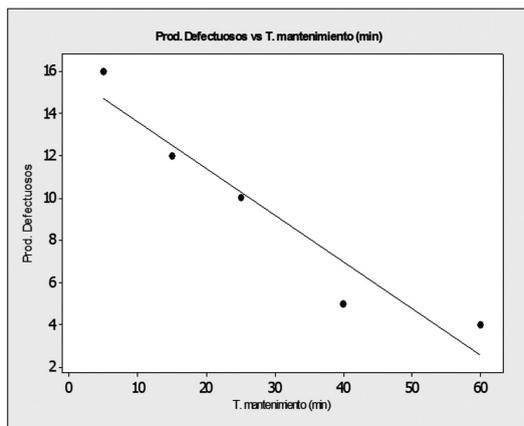
Tabla 4: Resultados incorporación Diagramas de Flujo.
Table 4: Results with flowcharts.

Medida	Intervalo de confianza, $\alpha=0,05$	p-valué
Entre bolsillo	[1,548 - 2,622]	0
Ancho bolsillo	[0,320 - 1,414]	0,003
Boca morral	[-0,286 - 0,450]	0,654

De lo anterior se puede concluir que con un nivel de confianza del 95% que la capacitación influye en el cumplimiento de dos de las tres medidas del Morral de Campaña.

X_5 : Poco mantenimiento preventivo en las máquinas

Figura 5: Regresión mantenimiento preventivo.
Figure 5: Regression model for preventive maintenance.



Ecuación:
 Prod. Defectuosos = 15,8 - 0,221
 T. mantenimiento (min).
 R-Sq = 91,9%
 R-Sq(adj) = 89,3%

Después de analizar los resultados de la regresión se puede ver que el R^2 es cercano a uno lo que significa que el modelo es significativo y que la cantidad de producto no conforme esta explicado en un 92% por el tiempo de mantenimiento preventivo, además la relación es inversamente proporcional.

Al examinar el resultado de cada una de las pruebas estadísticas, se puede ver que los diferentes factores (falta de atención de los operarios, capacitación, revisión de cada sub-proceso, estandarización y mantenimiento preventivo) afectan en el cumplimiento de las diferentes medida en el Morral de Campaña, sin embargo la medida de la boca del morral no es afectada por dos de los factores: Capacitación e Incorporación de Diagramas de Flujo, al analizar el proceso productivo del Morral de Campaña se puede determinar que esto se debe a que la medida de la boca del morral se obtiene siempre y cuando las tareas precedentes sean confeccionadas correctamente, de lo contrario a la hora de cerrar el morral la medida de la boca no será la establecida en las normas técnicas, de esto se concluye que los factores no afectan directamente la obtención de la medida de la boca ya que esta depende del ensamble de las tareas precedentes.

• **Costuras defectuosas:**

X_6 : Falta de limpieza y orden en el lugar de trabajo

Tabla 5. Resultados limpieza lugar de trabajo.
Table 5. Results for cleaning the workplace.

Producto	Intervalo de confianza, $\alpha=0,05$	p-valué
Frazada Térmica	[16,22 - 24,29]	0
Morral de Campaña	[3,076 - 4,377]	0
Portacantimplora	[5,183 - 6,613]	0

De lo anterior se puede concluir que con un nivel de confianza del 95% la limpieza del lugar de trabajo influye en la cantidad de costuras imperfectas presentes en los tres productos.

X_7 : No revisión de calidad en cada sub-proceso.

Tabla 6. Resultados revisión cada sub-proceso.
Table 6. Results for each sub-process.

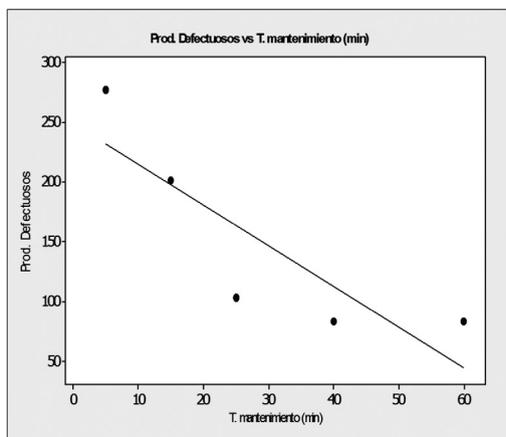
Producto	Intervalo de confianza, $\alpha=0,05$	p-valué
Frazada Térmica	[25,17 - 34,13]	0
Morral de Campaña	[4,818 - 6,399]	0
Portacantimplora	[23,94 - 31,51]	0

De lo anterior se puede concluir que con un nivel de confianza del 95% la revisión en cada sub-proceso influye en la cantidad de costuras defectuosas presentes en los tres productos.

X_8 : Poco mantenimiento preventivo en las máquinas

Figura 6: Regresión mantenimiento preventivo.

Figure 6: Regression model for preventive maintenance.



Ecuación:
 Prod. Defectuosos = 249 - 3,42
 T. mantenimiento (min)
 R-Sq = 72,9%
 R-Sq(adj) = 63,9%

Después de analizar los resultados de la regresión se puede ver que el R^2 es cercano a uno lo que significa que el modelo es significativo y que la cantidad de producto no conforme está explicado en un 72% por el tiempo de mantenimiento preventivo, además la relación es inversamente proporcional.

Al mirar cada uno de los resultados de las diferentes pruebas estadísticas, se puede concluir que los diferentes factores (limpieza de lugar de trabajo, revisión de cada sub-proceso y mantenimiento preventivo) afecta la cantidad de producto final con costuras defectuosas en los tres productos.

2.4. Cuarta Fase: Progreso

En esta fase se realiza un Diseño de Experimentos con los factores encontrados en la fase anterior tanto para las medidas del Morral de Campaña como para las costuras imperfectas.

El Diseño de Experimento (DOE) consta de un diseño factorial completo general con el fin de analizar la significancia de los factores principales y sus interacciones.

• Morral de campaña

El Diseño de Experimento para las medidas del Morral de Campaña que se va a realizar es uno factorial 2^4 , a continuación se muestra cada uno de los factores y sus niveles.

Tabla 7: Factores DOE medidas del Morral.

Table 7: Factors on measures doe backpack.

FACTORES							
Capacitación		Revisión sub-proceso		Mantenimiento		Hojas estandarizadas	
Sin	Con	Sin	Con	5 min	40 min	Sin	Con
-1	1	-1	1	-1	1	-1	1

Para obtener los resultados se realizaron cada una de las combinaciones en las diferentes celdas de manufactura y se registraron los datos, es importante resaltar que la producción que se tuvo en cuenta fue de 100 Morrales y se realizaron dos corridas.

El resultado del DOE es que la Capacitación, la Revisión de cada sub-proceso y el Mantenimiento Preventivo son factores significativos ya que el p-valúe es de 0.001 para los dos primeros factores y de 0.004 para el último, por el contrario la incorporación de Diagramas de Flujo no es significativa ya que el p-valúe es 0.287. Ninguna interacción entre los factores es significativa.

Posteriormente se minimizó la respuesta (cantidad de producto no conforme por incumplimiento de las medidas) y el resultado es que la deseabilidad individual que es la que evalúa la efectividad con la que una combinación de variables de entrada satisface las metas definidas para la variable de respuesta es de 0.625, lo que significa que la combinación de los cuatro factores optimiza la variable de respuesta.

Para alcanzar este nivel de deseabilidad es necesario que los cuatro factores: Capacitación, Revisión de cada sub-proceso, Mantenimiento preventivo y Estandarización del proceso se encuentren en el valor de 1, es decir que estos cambios sean incorporados en el proceso productivo del Morral de Campaña, bajo estas condiciones el valor de la variable de respuesta pronosticada es 24.

• Costuras defectuosas

El Diseño de Experimento para las costuras defectuosas que se va a realizar es uno factorial 2^3 , a continuación se muestra cada uno de los factores y sus niveles.

Tabla 8: Factores DOE Costuras defectuosas.
Table 8: Factors on defective seams doe backpack.

FACTORES					
Limpieza lugar de trabajo		Revisión sub-proceso		Mantenimiento	
Sin	Con	Sin	Con	5 min	40 min
-1	1	-1	1	-1	1

Para obtener los resultados se realizaron cada una de las combinaciones en las diferentes celdas de manufactura y se registraron los datos, es importante resaltar que la producción que se tuvo en cuenta fue de 100 Morrales, 100 Frazadas Térmicas y 100 Portacantimploras, se realizaron dos corridas.

El resultado del DOE es que todos los factores son significativos ya que el p-valú es pequeño, para Limpieza del lugar de trabajo es 0.002, para la Revisión en cada sub-proceso es 0.004 y para el Mantenimiento preventivo es 0.005. Ninguna interacción entre los factores es significativa.

Posteriormente se minimizo la variable de respuesta (producto no conforme por costuras defectuosas) y el resultado es que la deseabilidad es 0.8875 lo que significa que la combinación de los tres factores optimiza la variable de respuesta.

Para lograr esto es necesario que los valores de los tres factores: Limpieza lugar de trabajo, Revisión de cada sub-proceso y Mantenimiento Preventivo tomen el valor de 1, es decir que se incorporen estos cambios en los diferentes procesos productivos; teniendo esto el valor de la variable de respuesta pronosticada es 9,5.

2.5. Quinta Fase: Control

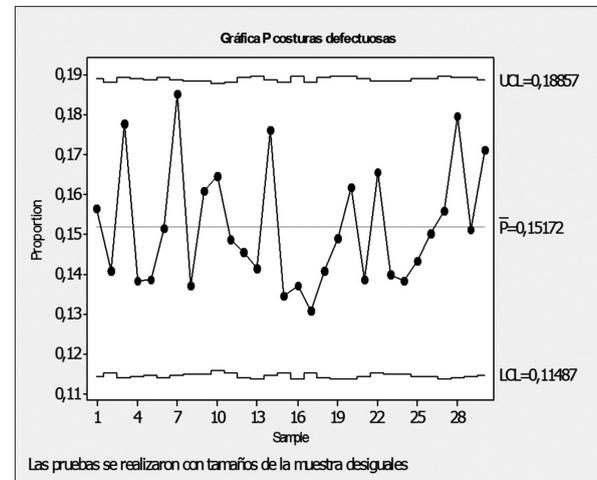
En esta fase es necesario mantener los beneficios alcanzados, para esto es importante crear mecanismos que permitan un adecuado control de la calidad con el fin de tomar acciones antes de que los procesos generen producto no conforme.

Para lograrlo, se incorporó en la empresa Hojas de tomas de datos con el fin de registrar información que permita realizar análisis de la capacidad de los procesos, además de incluir en la operación Diagramas que indiquen claramente a los operarios cada uno de los pasos de los procesos productivos,

Una vez se incorporaron los diferentes cambios a los procesos se realizó una nueva toma de datos, se crearon Gráficas de Control y se hizo un nuevo análisis de la capacidad de los procesos.

Se encontró que los procesos de las medidas del Morral de Campaña siguen bajo control estadístico, en esta ocasión los datos se distribuyen Normal. El cambio importante se observó en la Gráfica P de proporción de costuras defectuosas.

Figura 7: Gráfica P proceso mejorado
Figure 7: Control chart for process improvement



Al analizar la gráfica se puede ver que el proceso se encuentra bajo control estadístico y no está generando producto no conforme, además no hay puntos muy cerca al límite de control inferior lo que indica que no hay posibles problemas como que los operarios hayan aceptado algunos productos no conformes.

Se debe tener en cuenta que aunque en esta ocasión los datos siguen una distribución Normal y se podría utilizar los índices C_p y C_{pk} , se utilizara los índices P_p y P_{pk} con el fin de comparar con la capacidad de los procesos iniciales.

Se determinó la capacidad de los procesos, cuyos valores son los siguientes:

Tabla 9: Capacidad procesos mejorados
Table 9: Improved processes.

Medida	Capacidad de Proceso	
Entre bolsillos	$P_p=0,49$	$P_{pk}=0,48$
Ancho boca	$P_p=0,54$	$P_{pk}=0,54$
Ancho bolsillo	$P_p=0,58$	$P_{pk}=0,54$

Aunque la capacidad de los procesos mejoraron estos siguen generando producto no conforme ya que el valor de los índices P_p son menores a uno.

3. IMPACTO DEL PROYECTO

El impacto del proyecto de mejora continua es el siguiente:

- La cantidad de costuras sueltas tuvo una reducción de 26%, y se logro un proceso estable.
- El cumplimiento con las medidas entre bolsillos aumento en un 8%.
- El cumplimiento con las medidas del ancho de la boca del morral aumento en un 4%.
- El cumplimiento con las medidas del ancho del bolsillo aumento en un 5%.
- Debido a las jornadas de capacitación los errores por falta de atención de los operarios disminuyeron 50%.
- Se determino con la gerencia que los nuevos costos de reprocesos son: 1.5%, 2.5% y 0.8% para Portacantimplora, Morral de Campaña y Frazada Térmica respectivamente.
- Los índices de la capacidad de proceso en todas las medidas mejoraron.

Tabla 10: Impacto del proyecto.

Table 10: Change in Capability process.

	ANTES	DESPUES
	Capacidad	Capacidad
Entre bolsillos	Pp=0,41	Pp=0,89
Ancho Bolsillos	Pp=0,41	Pp=0,88
Boca morral	Pp=0,37	Pp=0,84
	DPMO:	DPMO:
Entre bolsillos	256767	57700
Ancho Bolsillos	235691	20274
Boca morral	248008	56932
	Costo por mala calidad	
	%5 total facturado	2% total facturado
	COP 353.079.479	COP 122.613.474

Los índices de la capacidad del proceso mejoraron, además se disminuyo la cantidad de productos defectuosos por millón, lo más importante es que se logro una reducción de COP 108.466.005 en los costos de no calidad, es decir estos pasaron de ser el 5% del total facturado al 3% del total facturado.

4. CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología Seis Sigma es una herramienta de gran ayuda para eliminar todo aquello que no constituye valor agregado al producto y para lograr un adecuado control de la calidad, con el fin de reducir la cantidad de producto defectuoso y aumentar la rentabilidad en la empresa.[3]

Para la exitosa aplicación de un programa Seis Sigma es necesario el compromiso del equipo de trabajo y de todos los miembros de la compañía, además de establecer controles que permitan mantener los beneficios para evitar volver a prácticas inadecuadas.

El artículo explora como compañía mediante la aplicación de los pasos de Seis Sigma, logra disminuir la cantidad de producto no conforme, con el uso de herramientas de calidad que permite un adecuado control estadístico.

El diseño e implementación del programa redujo la cantidad de producto no conforme aumentando la capacidad de todos los procesos, lo que permitió reducir los costos de no calidad en CP 100.000.000, además de lograr procesos estadísticamente controlados, dando lugar a una menor variabilidad y una mayor facilidad en el control y la medición.

Además de los anteriores resultados, se incorporaron los siguientes cambios:

- A partir de la aplicación de la filosofía 5S, que permitió reorganizar el lugar de trabajo y eliminar sobrantes y desperdicios.
- Se realizó la documentación de los procesos productivos con lo cual se obtuvo una mejor descripción de cada etapa.
- Se introdujo en la cultura empresarial una nueva mentalidad orientada a una mayor conciencia sobre el papel que cumple el control de la calidad en todos los procesos de la empresa.
- Se establecieron las bases necesarias en caso de que la empresa busque certificarse con la norma ISO 9001.

Finalmente es importante resaltar que aunque el proyecto tuvo un impacto positivo en la empresa, aún existe posibilidades de mejorar, lo importante es que se creó la conciencia de la necesidad de controlar la calidad y que se dejó documentación suficiente con procesos caracterizados y datos recolectados para que se lleven a cabo nuevos proyectos de mejora en la empresa.

REFERENCIAS

- [1] Rowland Hayler, "What is Six Sigma Process Management?", McGraw-Hill, 2005.
- [2] Barbara Wheat, Chuck Mills y Mike Carnell. "SEIS SIGMA, una parábola sobre el camino hacia la excelencia y una "empresa esbelta", Ediciones Granica, marzo 2004.
- [3] Bañuelas, R. Antony, J. Brace, M. , 2005, An Application of Six Sigma to Reduce Waste, Quality & Reliability Engineering International, pp. 553-570.

- [4] Harris Elrich Betsi; "Transactional Six Sigma and Lean Servicing". St Lucie Press, 2002
- [5] Hector, Rodriguez-Salazar Jesus, Rojas Julieta, Zazueta Guillermo. "Estrategias de Manufactura aplicando la metodología Six-Sigma". Maya Editorial Oceánica; 1996.
- [6] James E. Brady, Theodore T. Allen, "Six Sigma Literature: A Review and Agenda for Future Research," *Quality and Reliability Engineering International*. Vol. 22, pp. 335-367, 2006.
- [7] J. Antony, M.Kumar, and C.N. Madu, "Six Sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises," *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 22, no. 8, pp. 860-874, 2005.
- [8] Díaz Huerta, José María; "Propuesta de Implantación Metodología Seis Sigma para empresas de Manufactura en México", Tesis Maestría en Ingeniería de Calidad, Universidad Iberoamericana, México D. F. 2002
- [9] Frings, G. Grant, L., 2005, Who moved My Sigma... Effective Implementation of the Six Sigma Methodology to Hospitals. *Quality & Reliability Engineering International*, pp. 311-328.
- [10] Thomas Pyzdek, "The Six Sigma Project Planner: A Step-by-Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC", McGraw-Hill, 2003.
- [11] Harry Mikel , Schoeder Richard. "Six Sigma. The breakthrough Management Strategy". Mc Graw Hill Editorial; 2000.
- [12] Antony, J. Kumar, M. Tiwari, M., 2005, An application of Six Sigma methodology to reduce the engine-overheating problem in an automotive company. *Proceeding of the Institution of Mechanical Engineers*, pp. 633-644.