

Aplicación de la metodología Lean-Sigma en la solución de problemas en procesos de manufactura: Caso de Estudio

Omar Celis Gracia¹, Francisco Javier Estrada Orantes¹, Fernando Hermosillo Pérez¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

Cuando se busca cumplir con los requerimientos del cliente, las empresas manufactureras aplican herramientas y/o metodologías de mejora continua las cuales tienen un enfoque basado en los ahorros anuales, lo cual se convierte en otro problema, ya que la empresa requiere una solución inmediata, y los enfoques actuales requieren un tiempo mínimo de tres meses para la obtención de resultados. Por otro lado Lean-Sigma propone una metodología orientada a la solución de problemas, mezclando el Just Do It de Lean y el análisis estadístico profundo de Six Sigma, asegurando la solución del problema a la velocidad de lean, y encontrando una solución por medio de la estadística. Lean-Sigma busca como resultado resolver un problema en un tiempo menor a 4 semanas y aumentar el nivel sigma del proceso. Esta metodología está basada en cinco pasos los cuales son: Identificar y medir el problema, Análisis de la Causa Raíz, Desarrollar una Solución, Verificar la Solución y Desarrollar un Plan de Control. En el presente trabajo se presenta una aplicación de la metodología en un proceso que produce fuera de especificaciones, se desarrollan cada una de las etapas y se propone como solución el ensamble de autos con los siguientes materiales: Base de cartón, flecha grande, rueda chica, y globo como material de tracción. Al aplicar la metodología y resolver el problema la capacidad del proceso aumenta un 4000% El problema es resuelto en 6 días y el aumento en la capacidad del proceso de un 0.19 a 3.8 sigma.

Palabras clave: Lean Sigma, Solución de Problemas, Diseño de Experimentos, Six Sigma.

Introducción

Lean

Lean manufacturing es un sistema de mejoramiento de procesos de manufactura y servicios basado en la eliminación de los desperdicios y actividades que no agregan valor al proceso. Permitiendo alcanzar resultados inmediatos en la productividad, competitividad y rentabilidad., Lean busca principalmente obtener el Lead-time y el

costo más bajo. (Estrada, 2014) (Ismail et. Al, 2014)

Los ocho desperdicios que ataca Lean son los siguientes:

1. Defectos: Partes o productos que no cumplen con los requerimientos del cliente.

2. Sobre producción: Producir más de lo requerido por el cliente, o producir antes de que el cliente lo pida, o más rápido.
3. Sobre proceso o proceso inapropiado: Agregar actividades al proceso de producción que no son necesarias, y que el cliente no está dispuesto a pagar por ello.
4. Transporte: Movimiento de materiales o productos innecesario alrededor de la planta
5. Movimientos innecesarios: Cualquier movimiento que el operador realiza que no agrega valor al producto.
6. Inventarios: Excesivo almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado.
7. Tiempo de espera: Tiempo en que una operación deja de producir debido a la espera de alguna entrada como: Material, máquina descompuesta, operador, una orden.
8. Talento: Desperdicio por no utilizar el talento o conocimientos de los trabajadores para mejorar el proceso.

Para la eliminación de los desperdicios y actividades que no agregan valor, Lean hace uso de diversas herramientas como el Value Stream Map, Takt Time, trabajo estandarizado, VA/NVA, y el análisis del lead time. Por otro lado lean busca lograr el Just in Time (Justo a tiempo), mediante el uso de los enfoques: Células de manufactura, SMED, TPM, Sistema Pull, y Kanban. (Perera, 2011) (Posada, 2010) (Estrada, 2014)

Six Sigma

La metodología Six Sigma es percibida como un enfoque de mejoramiento bien estructurado con fuertes lazos dentro de la estrategia de la organización, el alto nivel de participación de la administración, un enfoque con el cliente fuerte y resultados financieros. Six Sigma puede reducir defectos a niveles tan bajos como 3.4 partes por millón en una organización (Kuo, 2010).

Esta herramienta se diferencia de otros programas de calidad por su metodología estructurada como se muestra en la Figura 1 mediante el análisis detallado y profundo, basado en el hecho de tomar decisiones y un plan de control concreto para asegurar el continuo control de calidad de un proceso (Hardeman, 2011) (Estrada, 2014) (Drohomeretski et al, 2014).

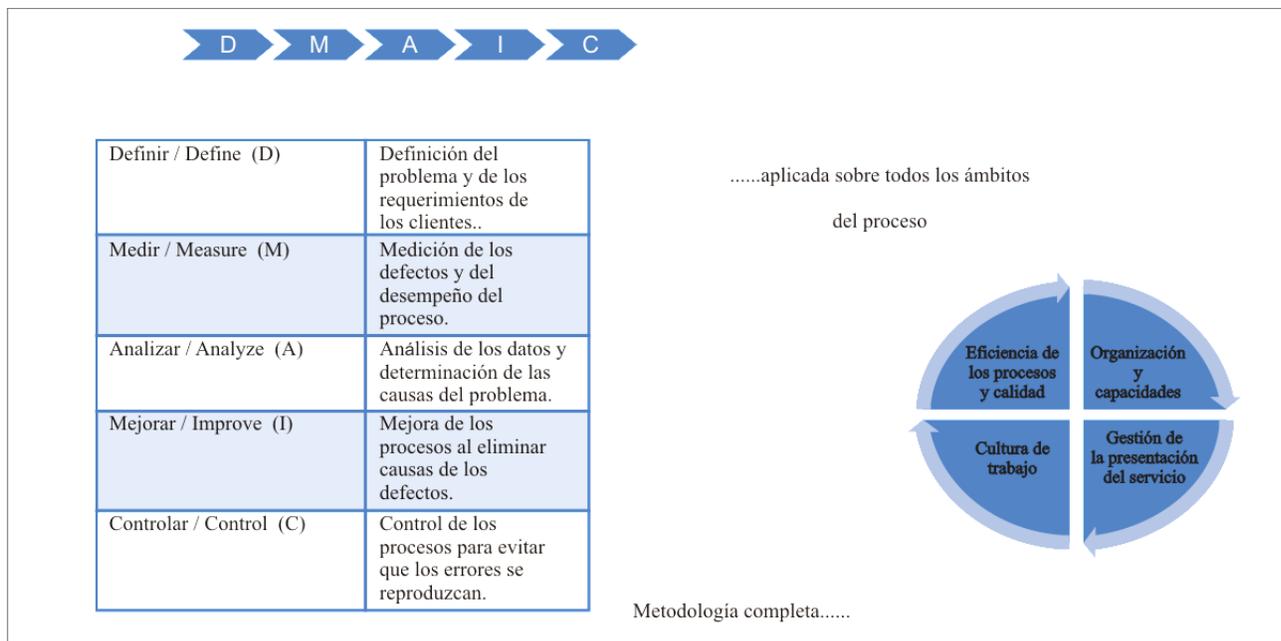


Figura 1. Metodología DMAIC

Lean Six Sigma

Lean Six Sigma combina a Lean Manufacturing y a Six Sigma con el objetivo de mejorar la calidad, reducir la variación y eliminar los desperdicios. Los objetivos son eliminar el desperdicio en el proceso, disminuir los tiempos de producción e incrementar la eficiencia y capacidad del proceso (Shah & Ward, 2007). Lean Six Sigma está centrado en la calidad con el propósito de satisfacer las necesidades del cliente; su énfasis primordial es la satisfacción del cliente y mejorar el rendimiento financiero, reduce la variación del proceso e incrementa la participación total (Brady & Allen, 2006).

Los objetivos de Lean Six Sigma son la satisfacción del cliente y la calidad, incrementando la velocidad de producción y reduciendo costos. Básicamente esta herramienta se lleva a cabo utilizando la metodología DMAIC (Definir, Medir,

Analizar, Mejorar, y Controlar) fases que permiten mejorar los procesos de manufactura y la utilización de herramientas de Lean para la eliminación de desperdicios y actividades que no agregan valor. Por ejemplo, Honeywell ha utilizado Lean Six Sigma para reducir la variación en procesos de fundición y acelerar la velocidad del proceso (Ravikumar, 2006) (Che Haron, 2014).

Lean-Sigma

La metodología Lean-Sigma se remonta al principio de la ingeniería básica de la solución de un problema que no se base en los ahorros anualizados, si no basado en la eliminación de una pérdida o superar un obstáculo en el flujo continuo de la producción. El objetivo de Lean-Sigma es solucionar un problema en el menor tiempo posible mediante la combinación o relación del Solo Hágalo (Just Do It) de la manufactura esbelta y el análisis estadístico

profundo del Six Sigma. Resolver un problema no siempre brinda un rendimiento del proceso a un nivel de seis sigma. Estrada (2014) define Lean-Sigma como una metodología orientada a la solución de problemas en lugar de una metodología

orientada a proyectos, como es el caso de Six Sigma y Lean Six Sigma. Cada paso de la metodología es flexible a utilizar cualquier herramienta de la ingeniería. La metodología está basada en cinco pasos de mejora mostrados en la figura 2.

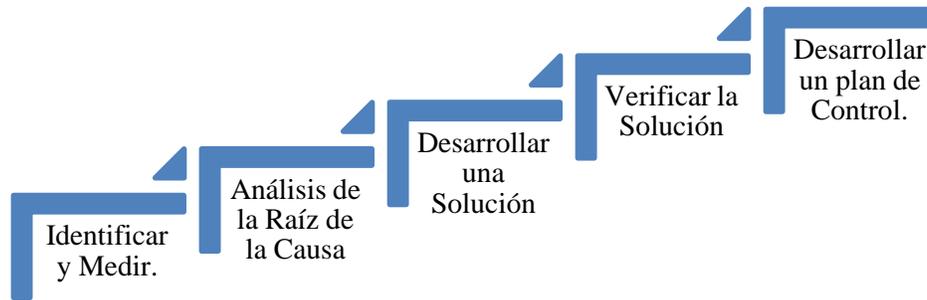


Figura 2. Metodología Lean-Sigma

Caso de estudio

Esta aplicación se lleva a cabo en un proceso de ensamble de autos de energía potencial, el cual consta de cinco estaciones de trabajo. Actualmente se trabaja con un solo modelo. En este proceso únicamente se ensamblan las partes finales: Base, las flechas, las ruedas y el material de tracción. El problema que se presenta es que el cliente requiere que los autos recorran una distancia de 250 cm, pero existen quejas de que no se

está logrando, la gerencia exige la solución del problema de inmediato, ya que de no solucionarse es posible perder al cliente.

Descripción del problema

Actualmente no se logra que los autos alcancen la distancia especificada por el cliente, lo cual repercute en un alto número de quejas y devoluciones.

Método y Resultados

Para este caso de estudio se utiliza Lean-Sigma para dar solución al problema. En la figura 3 se muestran las herramientas que

son utilizadas en cada uno de los pasos a lo largo de esta aplicación.

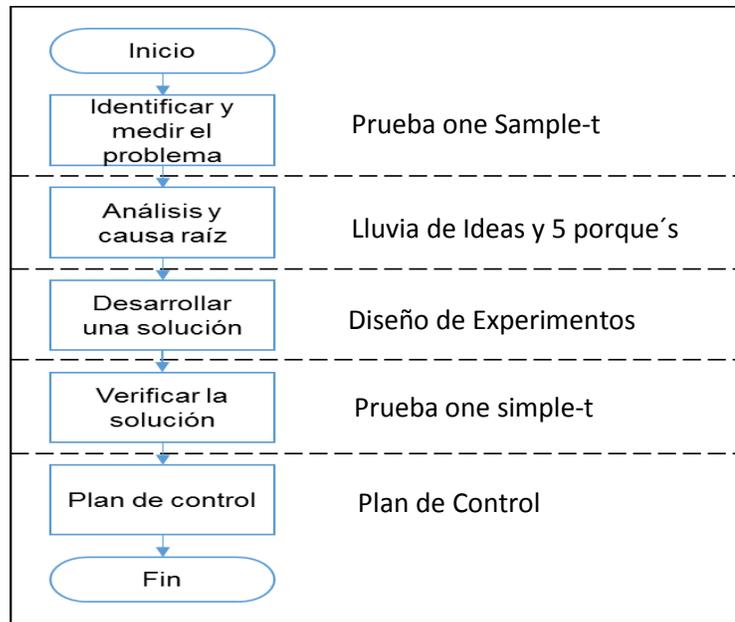


Figura 3. Pasos de la metodología Lean-Sigma y herramientas asociadas

Identificar y medir el problema.

Se toman 20 muestras y se realiza una prueba t para determinar si la distancia recorrida por cada carro está por debajo de

la especificación del cliente. En la tabla 1 se puede apreciar que el valor p es de cero, por lo que se puede concluir que la media del proceso está por debajo de los 250 cm que requiere el cliente.

Tabla 1. Prueba t del proceso en el estado inicial

One-Sample T: Análisis inicial									
Test of $\mu = 250$ vs < 250									
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P		
Analisis inicial	21	201.98	28.18	6.15	212.59	-7.81	0.000		

Adicionalmente se realiza un estudio de capacidad el cual se muestra en la figura 4, analizando el gráfico se puede concluir

que el proceso no es capaz de producir bajo especificaciones, teniendo un Cpm igual a cero y un CPk de -0.64.

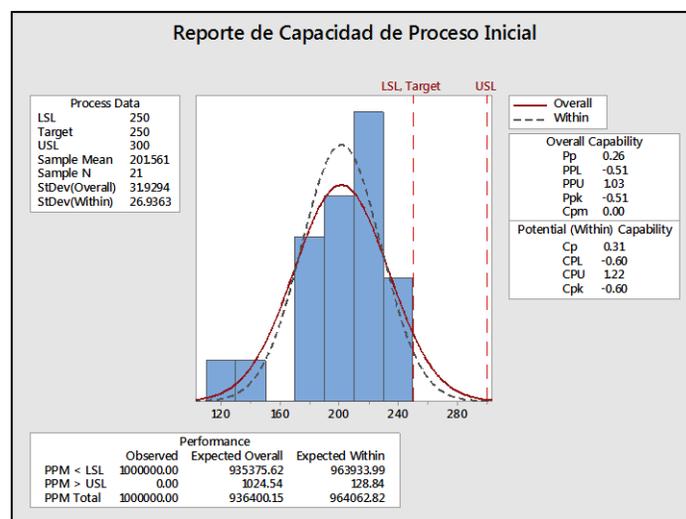


Figura 4. Análisis de capacidad del proceso en el estado inicial

El desempeño del proceso indica que aproximadamente el 93% de los autos recorren distancias inferiores a 250 cm.

Análisis y causa raíz

Se lleva a cabo una lluvia de ideas y el uso de la herramienta cinco porqués para determinar la causa raíz del problema

Como resultado en este paso se obtiene que la causa raíz del problema está en el material de los sub ensambles del producto, En la tabla 2, se muestran los 4 sub ensambles que se considera son parte de la causa del incumplimiento del requerimiento del cliente, además de cada uno de los modelos para cada parte.

Tabla 2. Sub ensambles y sus diferentes modelos.

Sub Ensamble	Modelo 1	Modelo 2
Base	Cartón	Cascarón
Flecha	Chica	Grande
Rueda	Chica	Grande
Material de Tracción	Liga	Globo

Desarrollar una solución

Para encontrar una solución se lleva a cabo un diseño de experimentos con la finalidad de encontrar la combinación de factores que conduzcan a satisfacer los requerimientos del cliente. El diseño experimental que se

emplea es un factorial fraccionario 2^{4-1} , con 2 réplicas y resolución IV.

En la figura 5 se presenta la gráfica de efectos principales, donde se puede apreciar que los cuatro factores son significativos ya que el efecto que tienen

sobre la variable de respuesta cuando se | cambia de un nivel a otro es considerable.

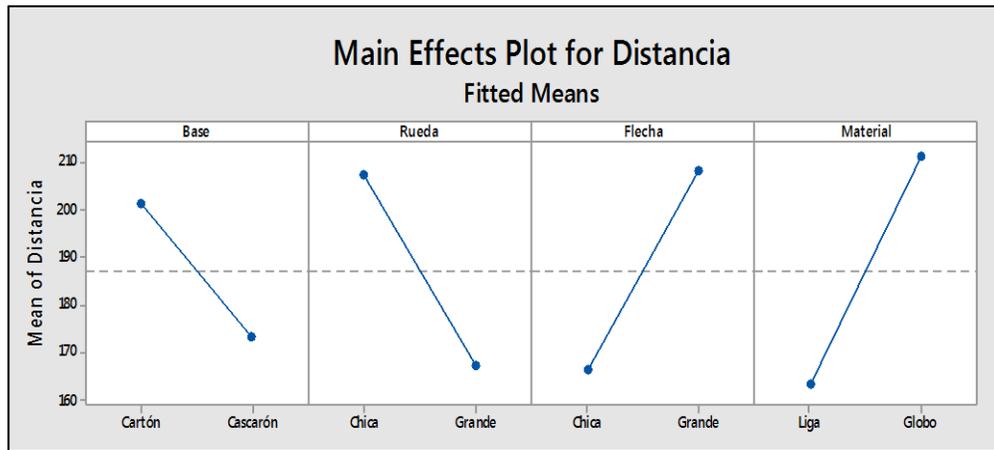


Figura 5. Gráfica de efectos principales

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	4	13015.4	3253.8	13.04	0.031
Linear	4	13015.4	3253.8	13.04	0.031
Base	1	1618.8	1618.8	6.49	0.084
Rueda	1	3240.1	3240.1	12.98	0.037
Flecha	1	3519.6	3519.6	14.10	0.033
Material	1	4636.8	4636.8	18.58	0.023
Error	3	748.7	249.6		
Total	7	13764.1			

Figura 6. Tabla ANOVA

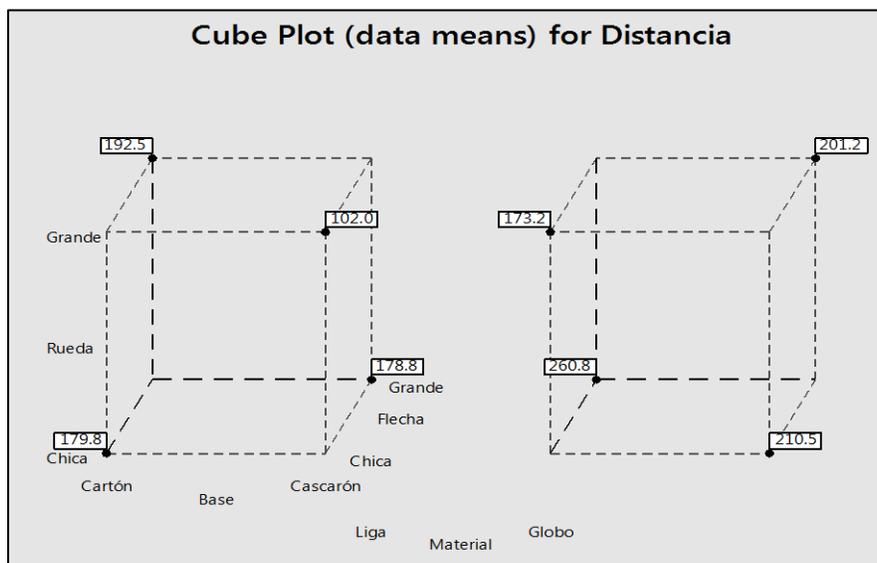


Figura 7. Gráfica de cubos

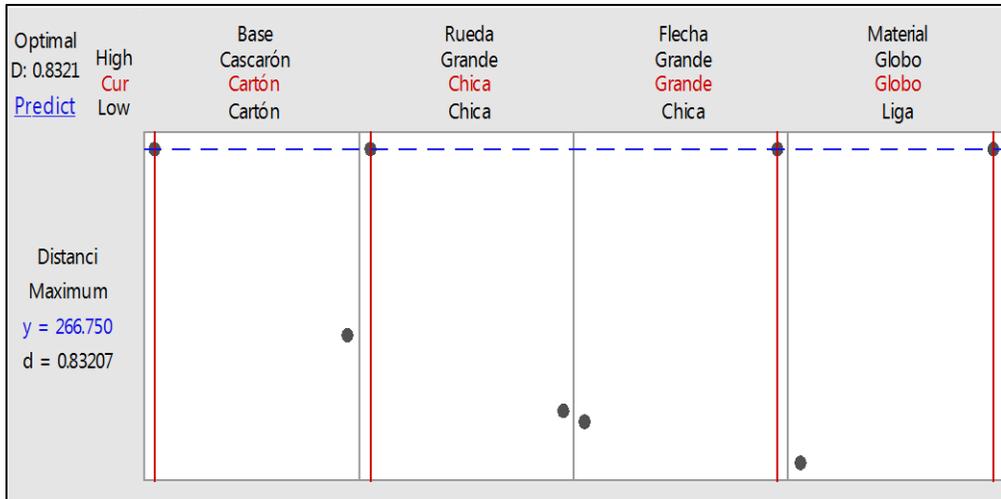


Figura 8. Optimizador de respuesta

Según la tabla ANOVA que se muestra en la figura 6 los factores: material, flecha y rueda son significativos dado que el valor p es inferior a 0.05, esto permite descartar el factor base. Una vez encontrados los factores significativos se procede a encontrar la mejor combinación que proporcione la mayor distancia recorrida

que satisfaga los requerimientos del cliente, para este caso se utiliza el gráfico de cubos que se muestra en la figura 7 y el optimizador de respuesta en la figura 8.

Como resultado en este paso se obtiene que la combinación que maximiza la distancia es la que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Niveles para cada factor que maximiza la distancia recorrida.

Factor	Nivel óptimo
Base	Cartón
Flecha	Grande
Rueda	Chica
Material de Tracción	Globo

Al utilizar los niveles mostrados en la tabla 3, se puede esperar una distancia de 267 cm, la cual está por encima de la distancia requerida por el cliente.

Verificar la solución

Se utiliza una corrida de comprobación, en donde se toman 20 muestras y se utiliza una prueba one simple-t para determinar si utilizando los niveles obtenidos en el optimizador de respuesta se obtiene un valor que cumpla con los requerimientos del cliente. En la tabla 4 se muestran los valores

obtenidos al realizar la prueba para probar las siguientes hipótesis.

H_0 = La distancia promedio que recorre un auto es igual a 250.

$\mu=250$

H_1 = La distancia promedio que recorre un auto es mayor a 250.

$\mu>250$

Antes de realizar la prueba se lleva a cabo una prueba de normalidad, para probar que los datos obtenidos en la corrida de comprobación son normales. En la figura 9 se muestra que la prueba arroja un valor p

muy por encima de 0.05, lo cual indica que la hipótesis nula que prueba que los datos son normales no se rechaza, por lo tanto, los datos son normales.

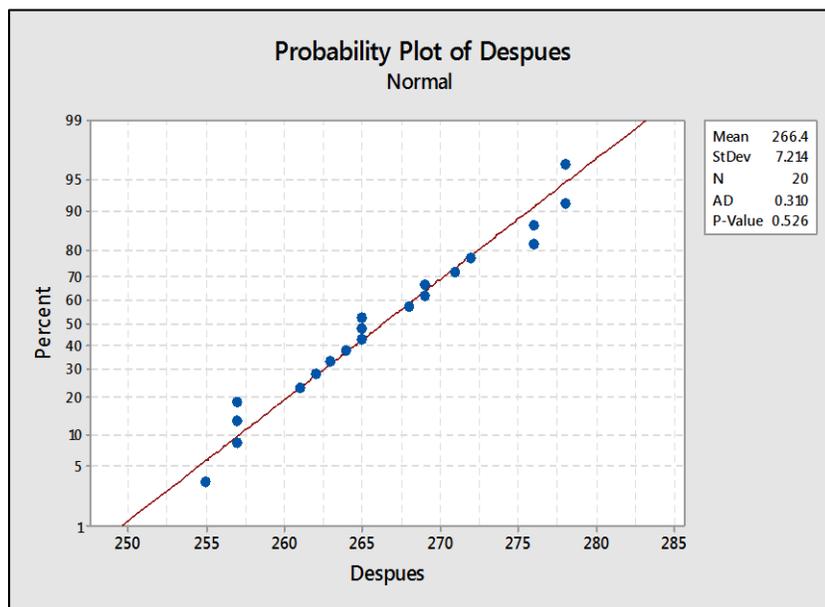


Figura 9. Prueba de normalidad de datos de corrida de comprobación

En la figura 10, se puede apreciar que en base al valor p obtenido, se concluye que se rechaza la hipótesis nula, por lo que

la distancia que recorre un automóvil al aplicar la metodología está por encima de 250.

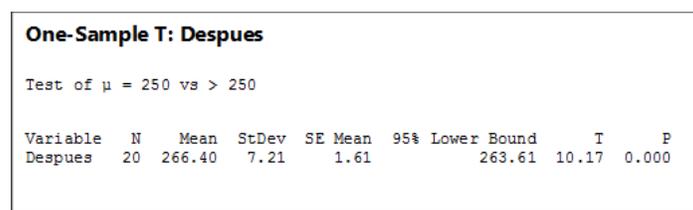


Figura 10. Prueba one sample-t

Una vez obtenidos los niveles recomendados, con los datos de la corrida de comprobación, se realiza un análisis de capacidad. En la figura 11 se muestra el análisis de capacidad para el proceso después de aplicar la metodología y

solucionar el problema, se observa que las ppm se disminuyen considerablemente, así mismo los índices de capacidad se incrementan considerablemente y dejan de ser negativos.

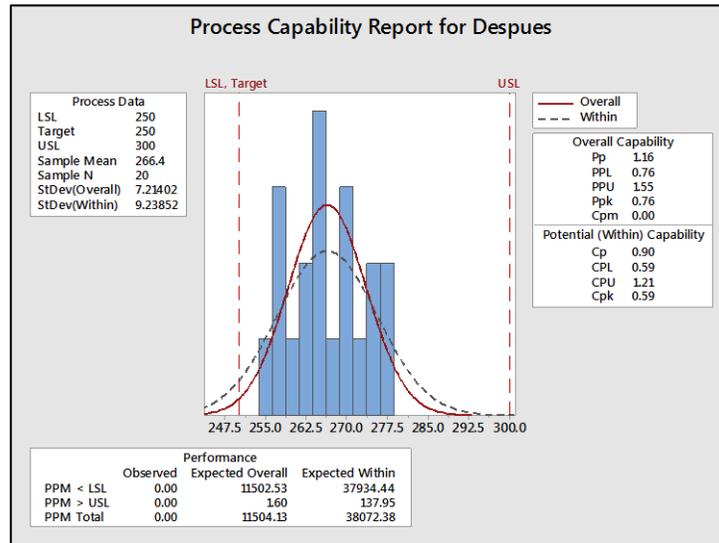


Figura 11. Análisis de capacidad después de solucionar el problema

Plan de control

Como último paso de la metodología, se propone realizar los ajustes para que se produzcan únicamente autos con la

combinación: Base de cartón, flecha grande, rueda chica y globo como material de tracción, el plan de control para el proceso de ensamble se muestra en la figura 12.

Conclusiones y Recomendaciones

Con la información obtenida en el primer paso se tiene que el proceso presenta un desempeño pobre teniendo 935,735 ppm, lo cual equivale a un nivel sigma de 0.09. Más del 95% de los autos no cumplen con el requerimiento del cliente.

Al aplicar la metodología Lean Sigma los ppm se reducen a 11,502 obteniendo un nivel sigma de 3.8.

Esta metodología orientada a la solución de problemas ayuda a solucionar el problema, aumentando el nivel sigma de 0.09 a 3.8 lo que equivale a un 4000%. En la figura 13 se muestra un gráfico comparativo entre el estado inicial y después de aplicar la metodología donde se puede apreciar la disminución de la variación y el incremento en la media de la distancia recorrida por cada auto.

PLAN DE CONTROL DE MANUFACTURA										
Nombre/ Familia de la parte		Auto de Energía Potencial		Preparado por		Omar Celis Gracia		Fecha		27 de mayo de 2015
Número de la parte		AEP-002-EF		Aprobado por:		Francisco J. Estrada		Página		1 DE 1
Planta/Área								No de Documento:		1
Proceso/Paso	Característica /Parámetro	CTS	Especificaciones/ Requerimientos	Método de medición	Tamaño de la muestra	Frecuencia	¿Quién mide?	¿Gráfico/ Registro?	Regla de decisión Acción correctiva	
Ensamble Final	Y: Distancia total recorrida en cm.	CTQ	250 cm	Cinta métrica/metro	2	hora	Inspector de Calidad	Gráfico X-R	Si algún auto no recorre al menos 250 cm revisar la producción total del día.	
Ensamble de Rueda	X: Diámetro en Cm.	CTQ	4 cm +5mm	Cinta métrica	5	hora	Inspector de Calidad	Gráfico X-R	Revisar todas las ruedas y sacar del proceso aquellas que no cumplan	
Ensamble de Flecha	X: Longitud en Cm.	CTD	14.6 cm +4mm	Cinta métrica	5	hora	Inspector de Calidad	Gráfico X-R	Revisar todas las flechas y sacar del proceso aquellas que no cumplan con la medida	

Figura 12. Plan de control

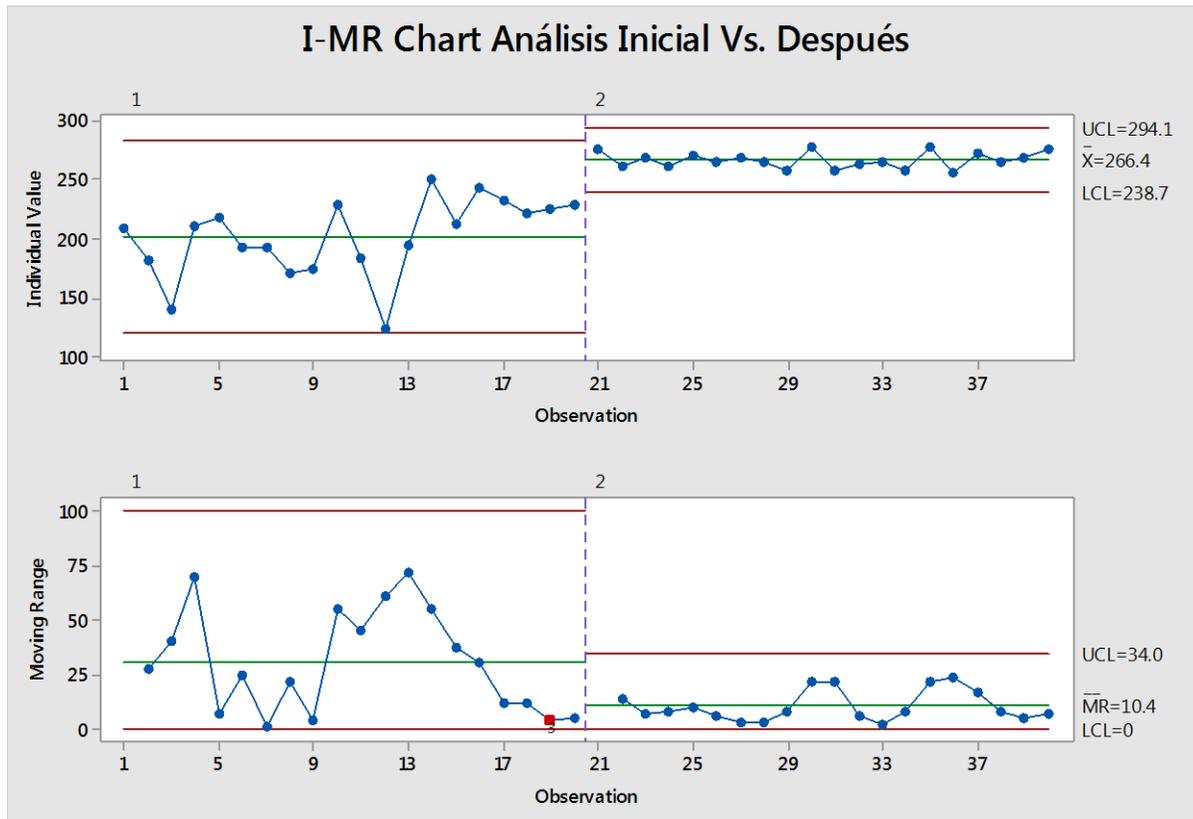


Figura 13. Gráfico de control comparativo

En la figura 14 se muestra el análisis de capacidad comparando el valor inicial y el obtenido al aplicar la metodología.

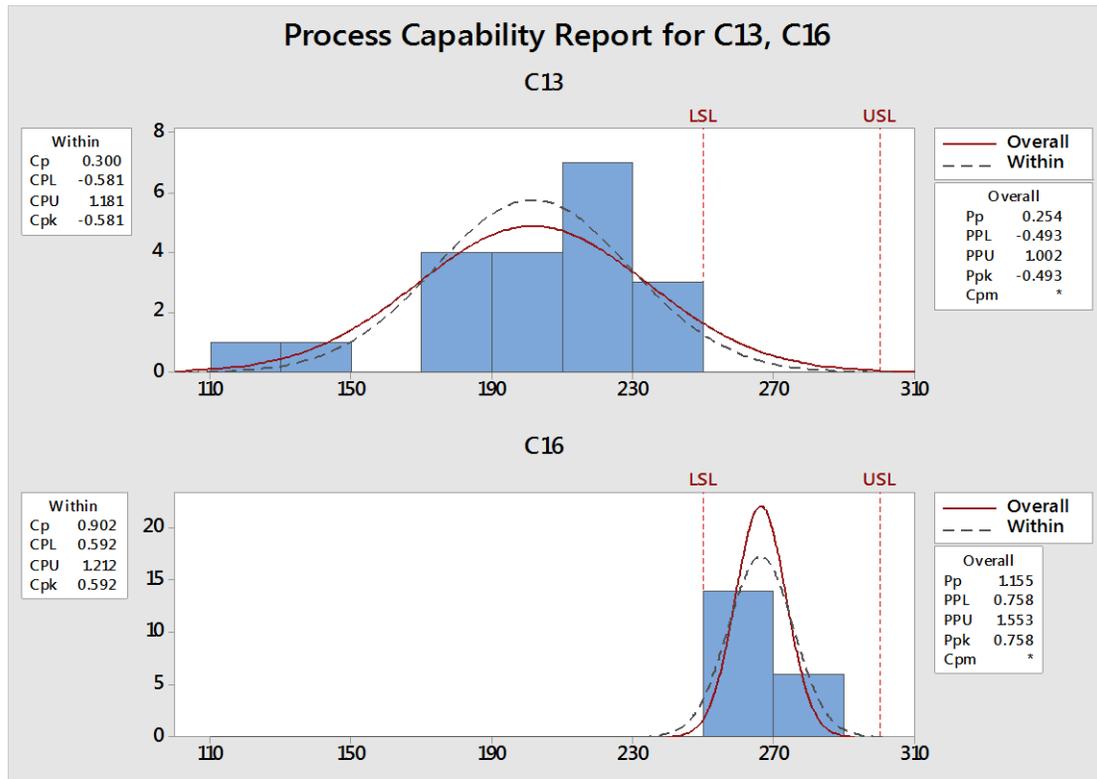


Figura 14. Análisis de capacidad comparativo

Referencias

Brady, James E. & Allen, Theodore T. (2006). Six Sigma Literature: A Review and Agenda for Future Research. *Quality and Reliability Engineering International*, 22(3), 335-367.

Che Haron, C. (2014). Application of Lean Six Sigma Tools for Cycle Time Reduction in Manufacturing: Case Study in Biopharmaceutical Industry. *Arabian Journal For Science & Engineering* (Springer Science & Business Media B.V.), 39(2), 1449-1463. doi:10.1007/s13369-013-0678-y

Drohomeretski, E., Gouvea da Costa, S. E., Pinheiro de Lima, E., & Garbuió, P. R. (2014). Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. *International Journal Of Production Research*, 52(3), 804-824. doi:10.1080/00207543.2013.842015

F. J. Estrada-Orantes, N.G. Alba-Baena. (2014). Creating the Lean-Sigma Synergy. In García alcaraz, J.L. & Maldonado macías, A.A (Eds), *Lean Manufacturing in the Developing World* (pp. 117-134). Mexico: Springer International Publishing Switzerland.

Hardeman, C. &. (2011). A case study: applying lean six sigma concepts to design a more efficient airfoil extrusion shimming process. *International journal of six sigma and competitive advantage*, 174-150.

Ismail, A., Ghani, J., Ab Rahman, M., Md Deros, B., Singh, S., T., R., T. M., S., Nair, D., & Nair P. (2014). Lean six sigma application in reducing nonproductive time in operation theaters.

Indian Journal Of Ophthalmology, 62(5), 1-6.
doi:10.4103/2348-6139.132908

Kuo, L. L. (2010). Reducing mold changing time by implementing lean six sigma. *Quality & reliability engineering international*, 387-395.

Perera, H. C. (2011). Lean manufacturing: A case study of a Sri Lankan manufacturing organization. *South Asian Journal of management*, 18(1), 149-158.

Posada, J. H. (2010). Benchmarking sobre manufactura esbelta (lean manufacturing) en el sector

de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia. *Journal of economics, finance & administrative science*, 15 (28), 171.

Ravikumar, M. M. (2009). Implementation of lean manufacturing in automotive manufacturing Plant . *International journal of applied engineering research*, 4 (10), 2041-2050.

Shah, R., Ward, P.T., 2003. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management* 21 (2), 129–149.