

DISMINUCIÓN DE RECHAZOS DE VOLANTES AUTOMOTRICES APLICANDO LA METODOLOGÍA DE SEIS SIGMA

María de Lourdes Salas Woocay

Profesora del Tecnológico Nacional de México/I.T. Chihuahua, México

Leticia del Pilar de la Torre González

Profesora del Tecnológico Nacional de México/I.T. Chihuahua, México

María Cristina Faudoa Cano

Alumna del Tecnológico Nacional de México/I.T. Chihuahua, México

Janeth Alejandra Uribe Beltrán

Alumna del Tecnológico Nacional de México/I.T. Chihuahua, México

José Alfredo Aguirre Estrada

Alumno del Tecnológico Nacional de México/I.T. Chihuahua, México

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Resumen: Actualmente la industria busca ser competitiva, factores como la calidad, el servicio y la reducción de costos son claves para conseguirlo, es importante utilizar herramientas de vanguardia para contribuir a lograrlo. El presente artículo muestra un caso de éxito en una empresa del ramo automotriz en la Ciudad de Chihuahua, el objetivo del proyecto fue incrementar la capacidad de proceso de la característica alturas de uretano en volantes automotrices, para reducir los rechazos e incrementar la satisfacción del cliente. Este artículo describe cada etapa de la metodología DMAIC de Seis Sigma así como las diferentes actividades realizadas para lograr el objetivo planteado. Mediante la utilización de la metodología Seis Sigma y otras herramientas estadísticas avanzadas se logró incrementar el nivel sigma del proceso de un valor de 1.08 hasta 4.6, así como otros beneficios adicionales tales como eliminación de procesos sin valor agregado y optimización de espacios.

Palabras clave: Capacidad de proceso, seis sigma, DMAIC.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las Organizaciones tienen como objetivo generar fidelidad en el cliente por medio de la calidad de sus productos, además de contar con procesos altamente productivos, con lo cual garantizan rentabilidad para sus grupos de interés; pero esta tarea requiere del óptimo desempeño de los procesos que conforman la cadena de valor que debe atravesar el producto hasta llegar a las manos del consumidor final.

El ofrecer un producto de calidad no solo es beneficioso para los clientes; lo es principalmente para la empresa que lo ofrece, ya que al tener reconocimiento en el mercado, pero sobre todo el generar confiabilidad por parte de los consumidores se verá reflejado en un beneficio económico, obtenido a través

del cumplimiento de sus metas operativas y tiempos de entrega, como resultado del incremento de la productividad. Estos objetivos se logran a través de la ejecución de proyectos y metodologías que conlleven a la mejora continua que permitan crear en las empresas una cultura de desarrollo, crecimiento y fortalecimiento de procesos.

DESARROLLO

ANTECEDENTES

El presente artículo muestra un caso de éxito en una empresa del ramo automotriz en la Ciudad de Chihuahua, el objetivo del proyecto fue incrementar la capacidad de proceso de la característica alturas de uretano en volantes automotrices, para reducir los rechazos e incrementar la satisfacción del cliente.

La problemática consistía en que se reportaba una cantidad considerable de volantes rechazados en la operación de verificación de alturas de uretano por la máquina probadora. Esta característica es significativa y de gran importancia para la activación del claxon, ya que es aquí donde el módulo de la bolsa de aire tiene interacción para controlar la distancia de los contactos eléctricos utilizados para la activación del claxon. Se tomó entonces la decisión de realizar un proyecto de Seis Sigma, basado en la metodología DMAIC, por lo cual se identificaron las variables del proceso que afectan directamente la calidad del producto, provocando los rechazos, luego de esta identificación se llevará a cabo la validación del sistema reconociendo la capacidad actual del proceso y su nivel sigma.

La realización de un análisis de los datos obtenidos permitirá determinar las causas principales de la variabilidad del sistema para luego establecer acciones para el mejoramiento del proceso y posteriormente se definen los controles y herramientas de seguimiento para

la sostenibilidad de los resultados.

La metodología Seis Sigma se inicia en los años 80's como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, introducida por Motorola, ha sido ampliamente difundida y adoptada por otras empresas de clase mundial, tales como: G.E., AlliedSignal, Sony, Polaroid, Dow Chemical, FedEx, Dupont, NASA, Lockheed, Bombardier, Toshiba, J&J, Ford, ABB, Black&Decker, etc. McCarty T., & Bremer M.(2004)

Su aplicación requiere del uso intensivo de herramientas y métodos estadísticos y de calidad para reducir la variabilidad de los procesos y producir los resultados esperados, con el mínimo posible de defectos, bajos costos y máxima satisfacción del cliente. Esto contrasta con la forma tradicional de asegurar la calidad, al inspeccionar post-mortem y tratar de corregir los defectos, una vez producidos

DEFINIR

Al utilizar la metodología Seis Sigma se inicia con la etapa de "Definición" en la que en base a la información histórica se describe claramente cuál será el proyecto que se llevará a cabo:

Se tienen cuatro líneas de ensamble en las cuales se corren los mismos seis modelos de volantes automotrices. Los datos de los últimos cuatro meses anteriores al inicio del proyecto permiten observar mediante gráficas porcentuales de defectos, que en dos de las líneas de ensamble un modelo específico es el que presenta un índice de defectos bastante mayor y en dos de las líneas de producción todos los modelos presentan una proporción defectuosa muy por encima de la meta establecida.

Figura 1

De esta forma se decide enfocar el proyecto al modelo de volante que presenta el mayor porcentaje defectuoso. Hasta ese momento

mediante permisos por escrito del cliente (desviaciones), se aceptaban los volantes que pasaban la prueba funcional después de inspeccionar 100%, aunque no se cumpliera la especificación de ingeniería.

La capacidad potencial C_p evaluada para las alturas de cada cavidad del modelo seleccionado, muestra que existe poca variación, sin embargo la capacidad real C_{pk} muestra valores negativos en tres de las cinco cavidades, indicando que la mayoría de las piezas no cumplen con la especificación.

En base a esta información en la "carta del proyecto" que se elabora en esta etapa de la metodología de Seis Sigma, se indica que el proyecto consistirá en incrementar el C_{pk} de las alturas de uretano en los puntos de apoyo de los contactos del claxon del volante moldeado, en el modelo en el que el porcentaje defectuoso es mayor, para demostrar capacidad con el cliente y así evitar medir las alturas al 100% en la línea de producción, eliminando de esta forma las cuatro estaciones de trabajo para la medición de alturas, reduciendo el espacio entre líneas, el tiempo de ciclo de producción del volante y el número de operadores requerido. Por lo tanto se establece como objetivo cumplir el requerimiento del cliente de un $C_{pk} \geq 1.67$ por cavidad y por punto.

En todo proyecto es importante definir o acotar los límites del mismo, en este caso, el alcance del proyecto comprende desde el proceso de moldeo (inyección de uretano) y termina con el volante moldeado (listo para ensamble y forrado).

Para definir y describir el proceso se utiliza un SIPOC que es una herramienta en formato tabular que permite caracterizar el proceso a través de la identificación de los elementos claves como proveedores, entradas, salidas y clientes. De esta forma se tiene claridad sobre las variables que impactan el proceso y se logra observar posibles causas de los problemas en

el mismo.

Figura 2

MEDIR

Después de identificar aquellos pasos o entradas que son críticos dentro del proceso, en la etapa de Medición de la metodología se confirma la integridad de los datos antes de proseguir con el análisis. Pyzdek T. (2003)

Se moldean 30 volantes de la cavidad 5925, 5960 y 5963 y se mandan dimensionar las alturas, se realizan pruebas de normalidad para determinar capacidades de proceso

Gráfica 1

Gráfica 2

Se observa en las gráficas de las pruebas de normalidad que las mediciones de todas las cavidades siguen una distribución normal y que la distribución de datos más alejada del valor nominal es la 5925

ANALIZAR

De acuerdo a Gryna F. y Chua R. (2007) al pasar a la etapa de Analizar de la metodología se estudian los síntomas de un problema y se determinan sus causas. El comienzo del diagnóstico radica en recopilar los datos de los síntomas; su final consiste en el acuerdo sobre cuáles son las causas del problema. Se trata de probar las teorías (hipótesis) en las fuentes de la variación y las relaciones de causa y efecto (es decir, identificar los determinantes del desempeño del proceso)

Una de las teorías que interesaba analizar es si en el moldeo de uretano puede existir un acumulamiento de ceras en el molde por aplicación del desmoldante y esto contribuir a que se modifiquen las dimensiones

Figura 3

Figura 4

Figura 5

Las series de tiempo de los datos de los distintos puntos de la cavidad 5925 no muestran tendencia que indique algún patrón

irregular.

Para determinar cuáles cavidades son las que presentan más variación respecto a la especificación se determinan capacidades de proceso

Figura 6

Figura 7

Figura 8

Al realizar el análisis de capacidad se sabe

- $Cpk \geq 1.67$ Nos indica que el proceso es capaz
- $Cpk < 1.67$ Nos indica que el proceso no es capaz
- Moviendo la media del proceso en cada punto a 9.75 tendríamos Cpk arriba de 1.67

Al realizar la comparación punto a punto de la distribución de los datos se observa que si se ajustan las medias de cada cavidad y se mantiene la misma desviación estándar, todos los puntos quedarían centrados y mejoraría la capacidad

Gráfica 3

Para determinar si existe diferencia significativa entre las dimensiones promedio de las alturas de cada uno de los cuatro puntos de la cavidad 5925, se realiza la siguiente prueba de hipótesis

$H_0: \mu_i = \mu_j$ No hay diferencia significativa.

$H_1: \mu_i \neq \mu_j$ Por lo menos una de las medias es diferente. Existe diferencia significativa.

Para las siguientes pruebas se utilizara un nivel de confianza del 95%

Figura 9

- H_0 se rechaza, existe una diferencia significativa en los promedios de alturas de cada uno de los cuatro puntos de la cavidad 5925

Se hace una simulación estadística del resultado esperado al modificar las alturas en el molde 5925

- Se generan 30 datos aleatorios con

Líneas de Ensamble

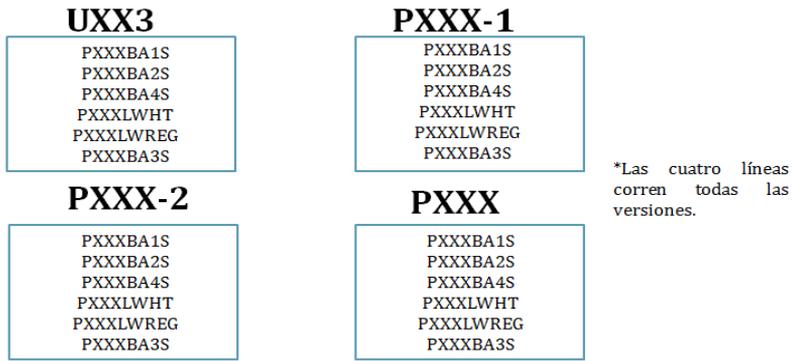


Figura 1. Líneas de Ensamble

SIPOC

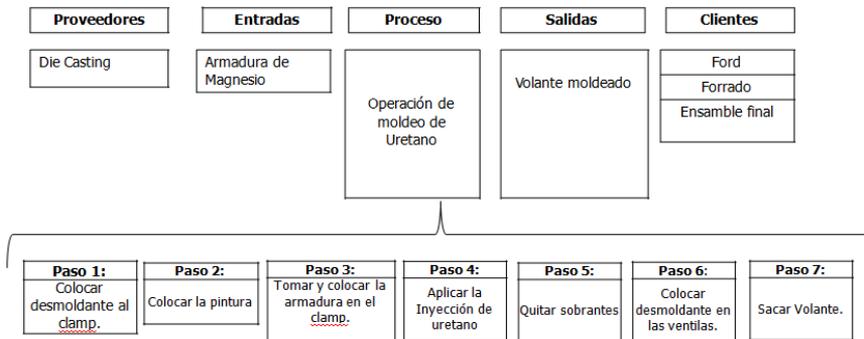
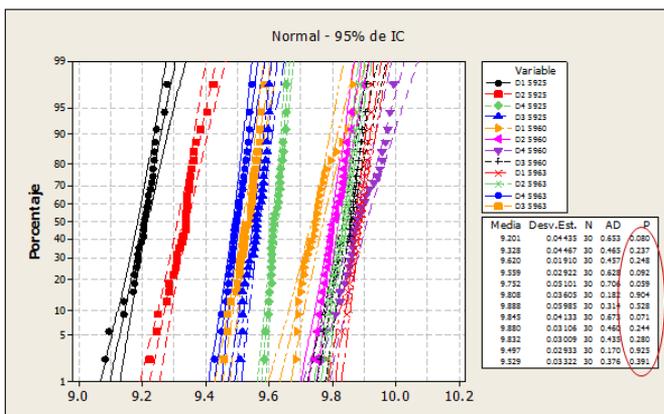


Figura 2. Diagrama SIPOC.

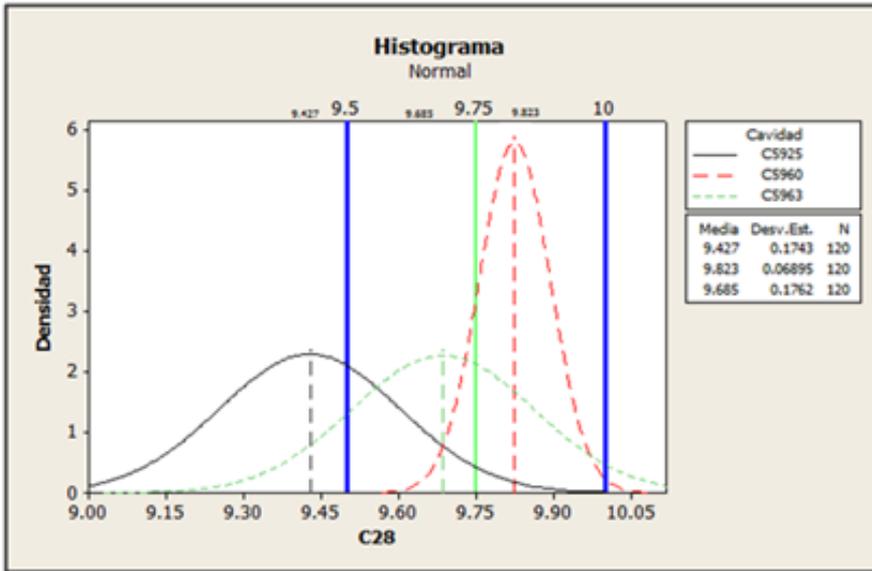
Prueba de normalidad



Valor de $P \geq 0.05$ nos indica que los datos son normales

Gráfica 1. Prueba de Normalidad.

Histograma Cavidades



Gráfica 2. Histograma de Cavidades.

Series de tiempo para molde de uretano cavidad 5925

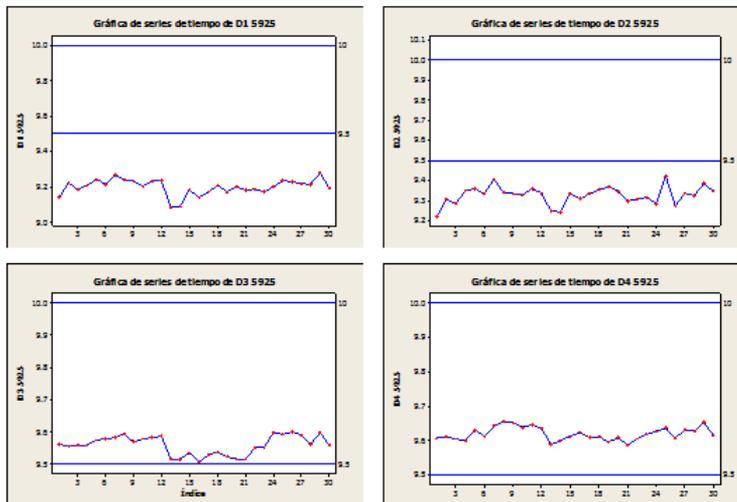


Figura 3. Gráficas de Series de series de tiempo de la cavidad 5925.

Series de tiempo para moldeo de uretano cavidad 5963

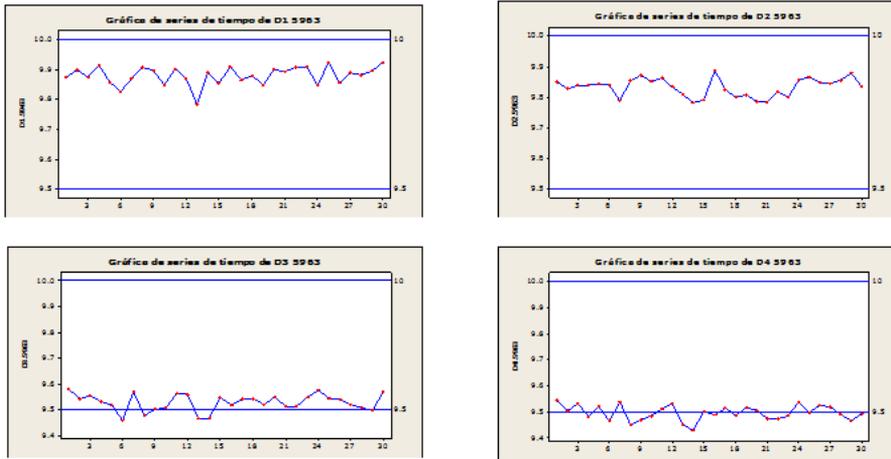


Figura 4. Gráficas de Series de series de tiempo de la cavidad 5963.

Series de tiempo para moldeo de uretano cavidad 5960

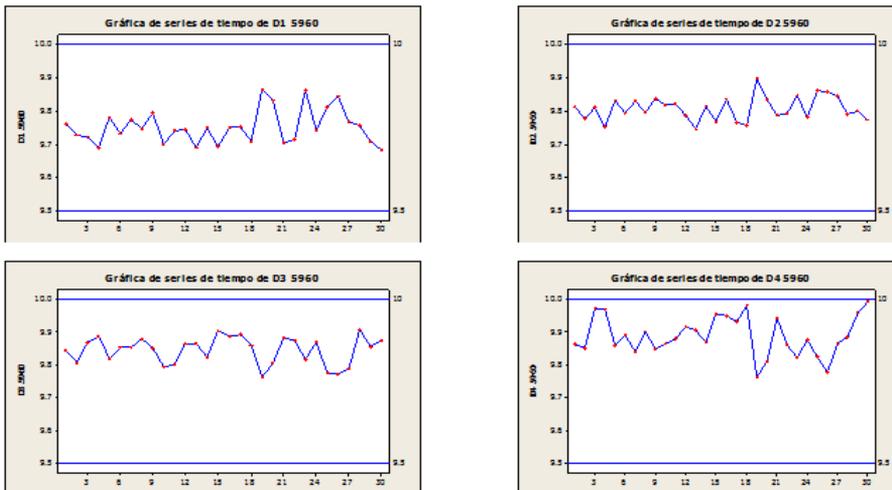


Figura 5. Gráficas de Series de series de tiempo de la cavidad 5960.

Análisis de capacidad 5925

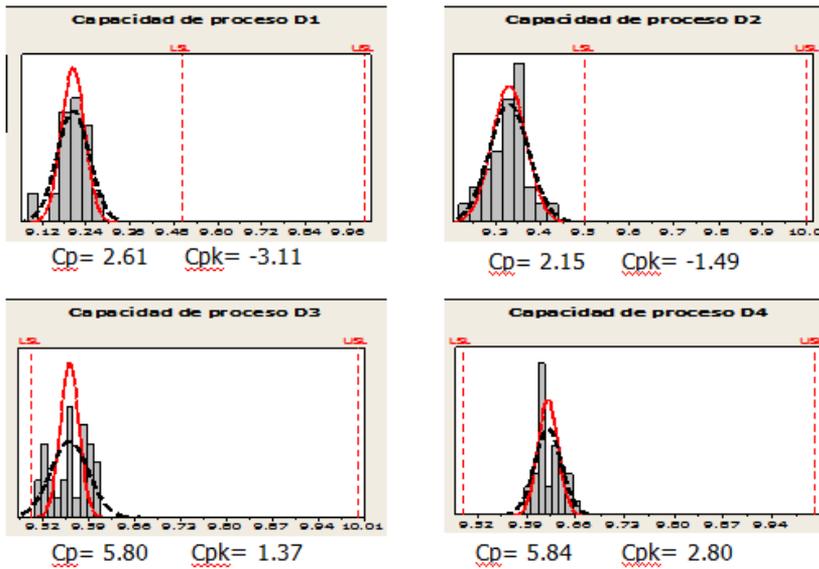


Figura 6. Gráficas de Análisis de Capacidad de la cavidad 5925.

Análisis de capacidad 5963

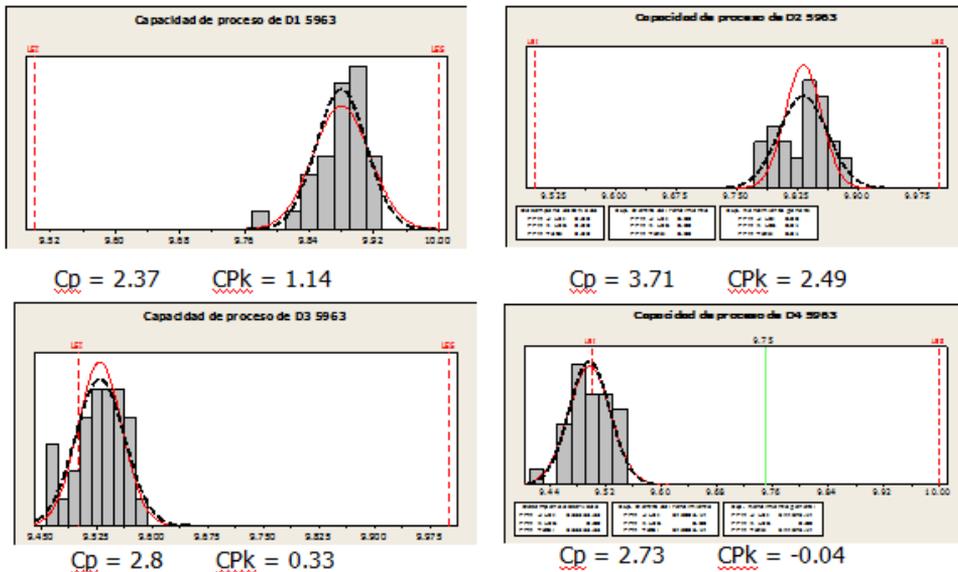


Figura 7. Gráficas de Análisis de Capacidad de la cavidad 5963.

Análisis de capacidad 5960

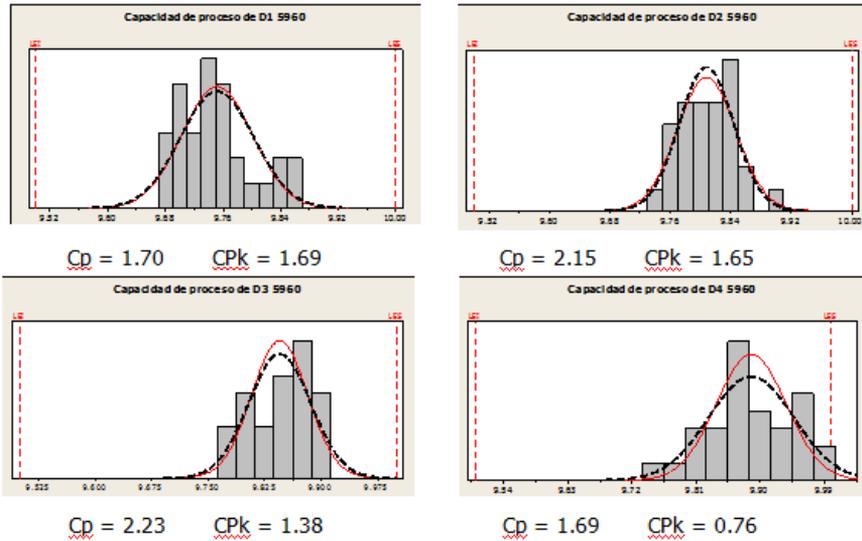
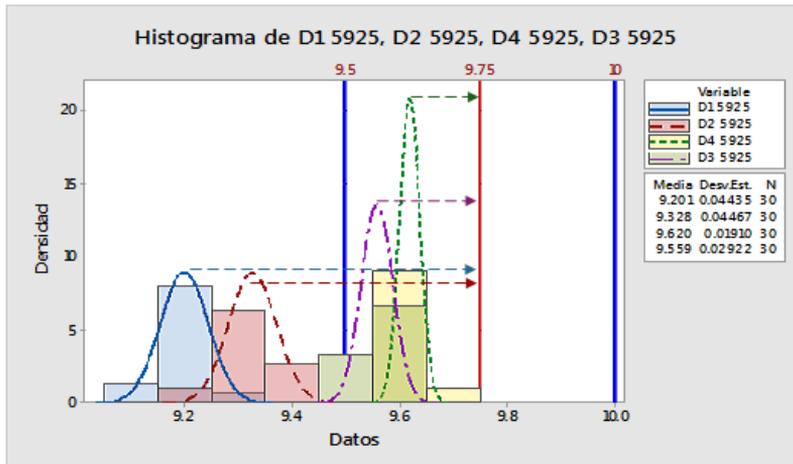


Figura 8. Gráficas de Análisis de Capacidad de la cavidad 5960.

Comparación punto a punto de distribución de datos



Gráfica 3. Gráfica de comparación punto a punto.

media de 9.75 y la desviación estándar correspondiente a cada uno de los cuatro puntos de la cavidad 5925

- De acuerdo a esta simulación centrado los datos correspondientes a cada cavidad, existiría capacidad

Gráfica 4

MEJORA

En la etapa de MEJORA de la metodología, de acuerdo a Gryna F. y Chua R. (2007) se diseña la solución del problema, se prueba su efectividad y se prepara un plan de implementación

Se decide entonces redimensionar el molde de la cavidad 5925, y de acuerdo a las medias de cada punto se obtienen las diferencias respecto al valor nominal para determinar cuánto se deberá modificar el molde en cada punto. Se genera una requisición a mantenimiento con las siguientes indicaciones:

Tabla 1

Las diferencias negativas indican que se deberá raspar el molde para que la altura en cada punto aumente, si la diferencia fuera positiva sería necesario soldar material adicional para que disminuya la altura

A continuación, con las nuevas dimensiones se hace un análisis de los datos de 30 piezas iniciando con las pruebas de normalidad y los histogramas de las mediciones en cada uno de los puntos de la cavidad seleccionada para enseguida realizar los cálculos de capacidad

Figura 10

Para realizar los estudios de capacidad, es necesario probar normalidad de los datos, se utiliza la prueba de Anderson Darling, si el valor de $p \geq 0.05$ nos indica que los datos son normales

Gráfica 5

Se logró que las medias se acercaran más al valor nominal, aunque se considera necesario realizar una nueva modificación, de manera que las medias de todos los puntos coincidan

con el valor objetivo

Figura 11

Se observa después de la corrección al molde como las capacidades de cada punto mejoraron para D1 de (-3.11 a 0.85), para D2 de (-1.49 a -0.34), para D3 de (1.37 a 3.22) y D3 de (2.80 a 6.28).

Se comparan los datos de la cavidad 5925 antes y después de la mejora

Gráfica 6

La mejora mostró una menor variación y un proceso más centrado que el anterior con una menor cantidad de piezas fuera de especificación, aunque todavía la media del proceso no coincide con la nominal

Con esta información se genera una nueva requisición a mantenimiento con las siguientes indicaciones:

Tabla 2

A continuación, con las nuevas dimensiones se hace de nuevo el análisis de los datos de 30 piezas iniciando con las pruebas de normalidad y los histogramas de las mediciones en cada uno de los puntos de la cavidad seleccionada para enseguida realizar los cálculos de capacidad

Figura 12

Gráfica 7

Las pruebas de normalidad confirman normalidad de los datos.

En el histograma de los datos de cada punto se observa que la distribución se encuentra más centrada, la diferencia que existe respecto a la nominal es mínima.

Se considera que una corrección adicional al molde sería muy difícil ya que las máquinas disponibles no cuentan con la precisión necesaria para una nueva modificación.

Se hace el análisis de capacidad con los datos resultantes de la segunda mejora

Figura 13

Se observa después de la segunda corrección al molde como las capacidades de cada punto mejoraron para D1 de (0.85 a 2.56), para D2

ANOVA para comparar estadísticamente los promedios de las alturas.

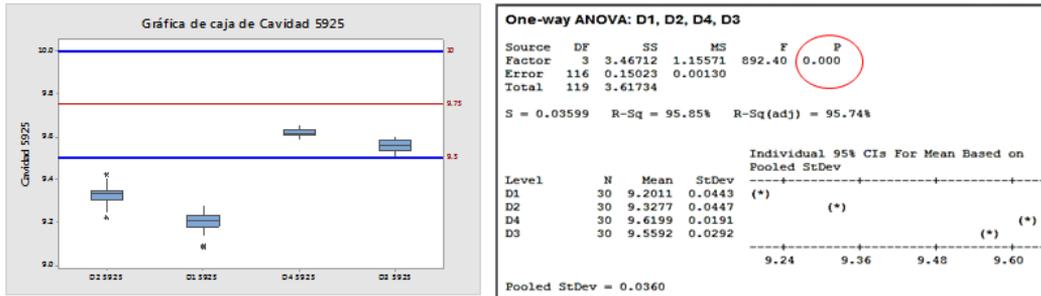
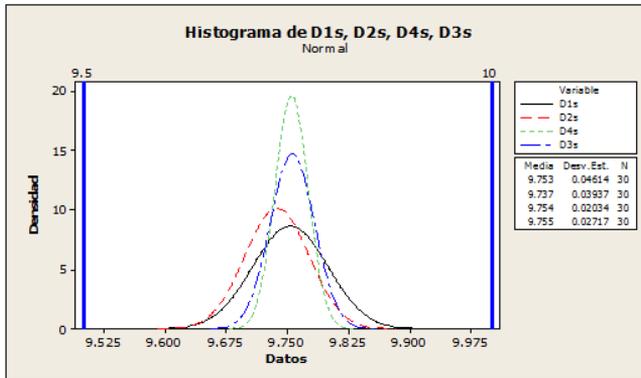


Figura 9. Análisis ANOVA para la cavidad 5925

Simulación estadística de modificación de alturas en el molde 5925



Gráfica 4. Gráfica de simulación estadística.

Ajuste de medias hacia el valor objetivo

Dimensión	Valor promedio (5925)	Objetivo	Diferencia
Dim 190RH	9.201	9.75	-0.549
Dim 190LH	9.328	9.75	-0.422
Dim 26RH	9.62	9.75	-0.13
Dim 26LH	9.559	9.75	-0.191

Tabla 1. Ajuste de medias.

Prueba de normalidad

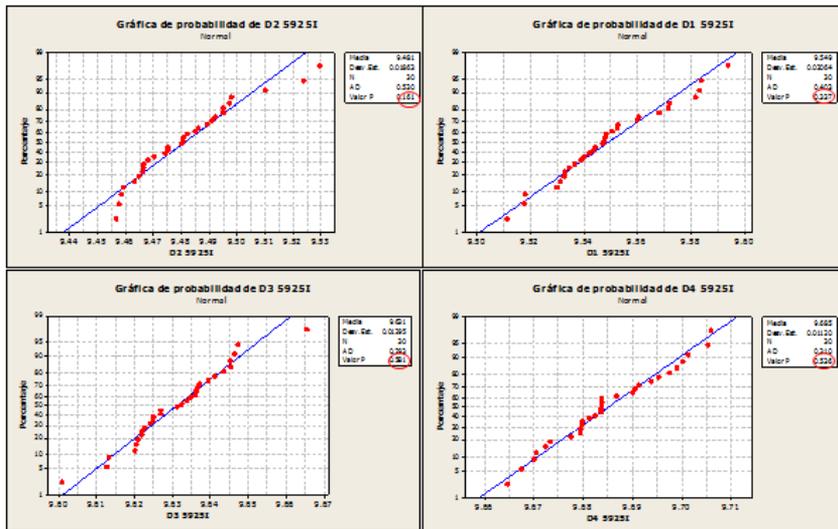
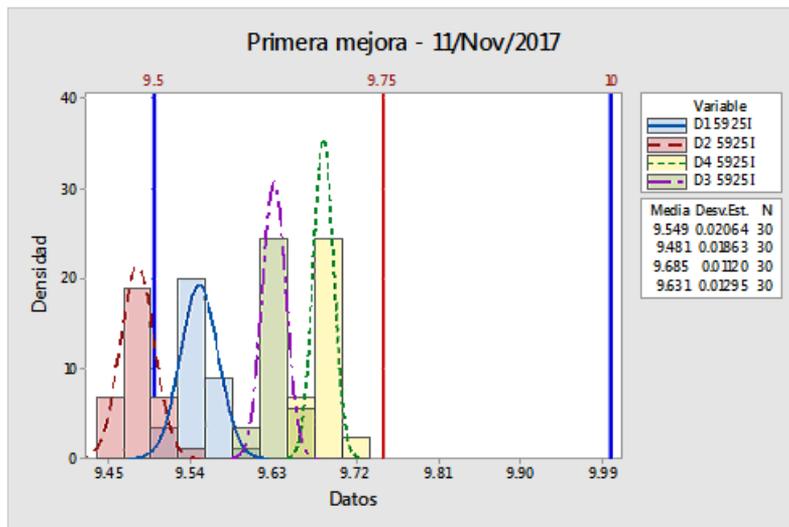


Figura 10. Pruebas de Normalidad para la cavidad 5925

Histograma por punto



Gráfica 5. Histograma de cada punto.

Análisis de capacidad 5925 primera mejora.

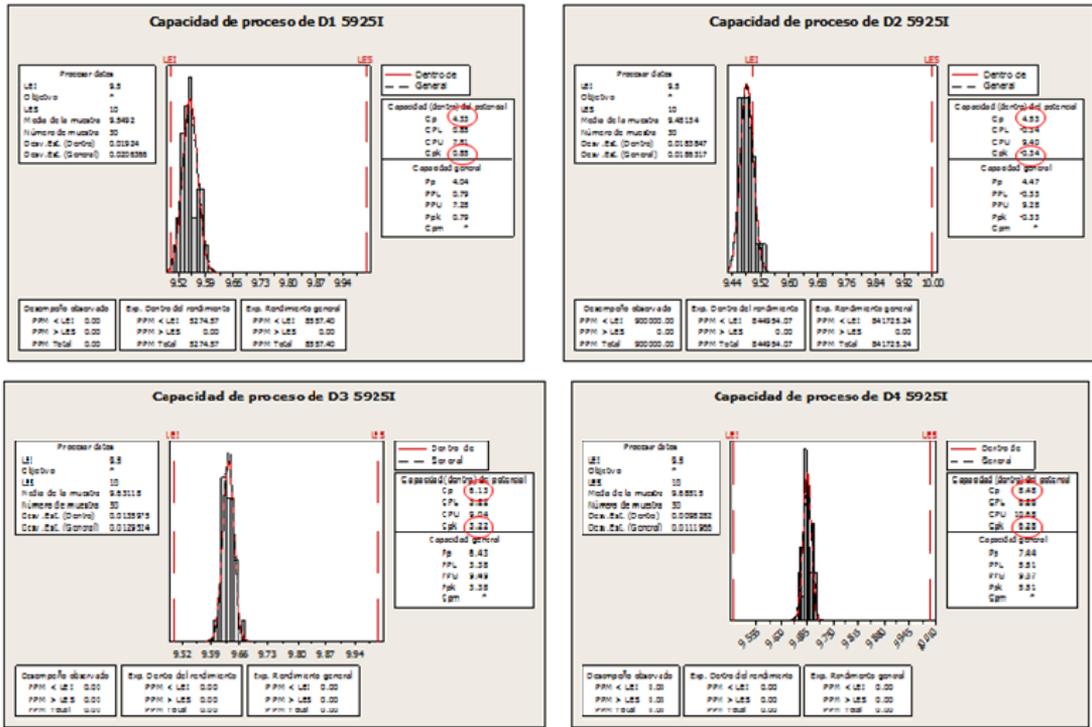
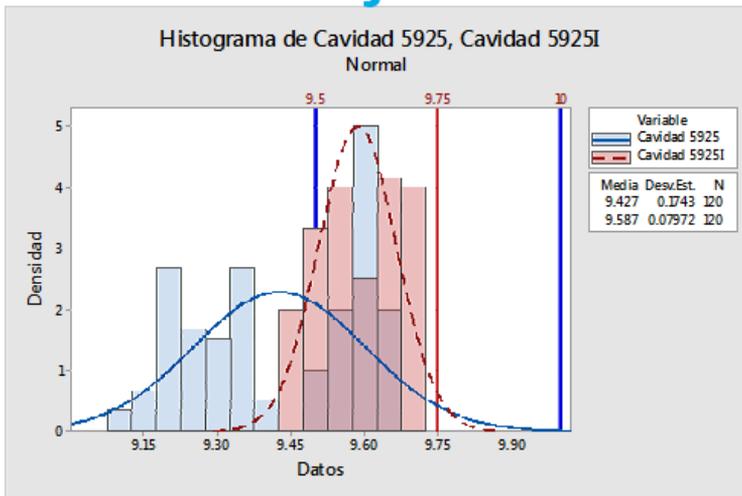


Figura 11. Análisis de capacidad primera mejora para la cavidad 5925.

Comparación con la primera mejora



Gráfica 6. Comparación contra la primera mejora.

Ajuste de medias hacia el valor objetivo II

Dimensión	Valor promedio	Objetivo	Diferencia
Dim 190RH	9.549	9.75	-0.201
Dim 190LH	9.481	9.75	-0.269
Dim 26RH	9.685	9.75	-0.065
Dim 26LH	9.631	9.75	-0.119

Tabla 2. Ajuste de medias hacia valor objetivo.

Prueba de normalidad

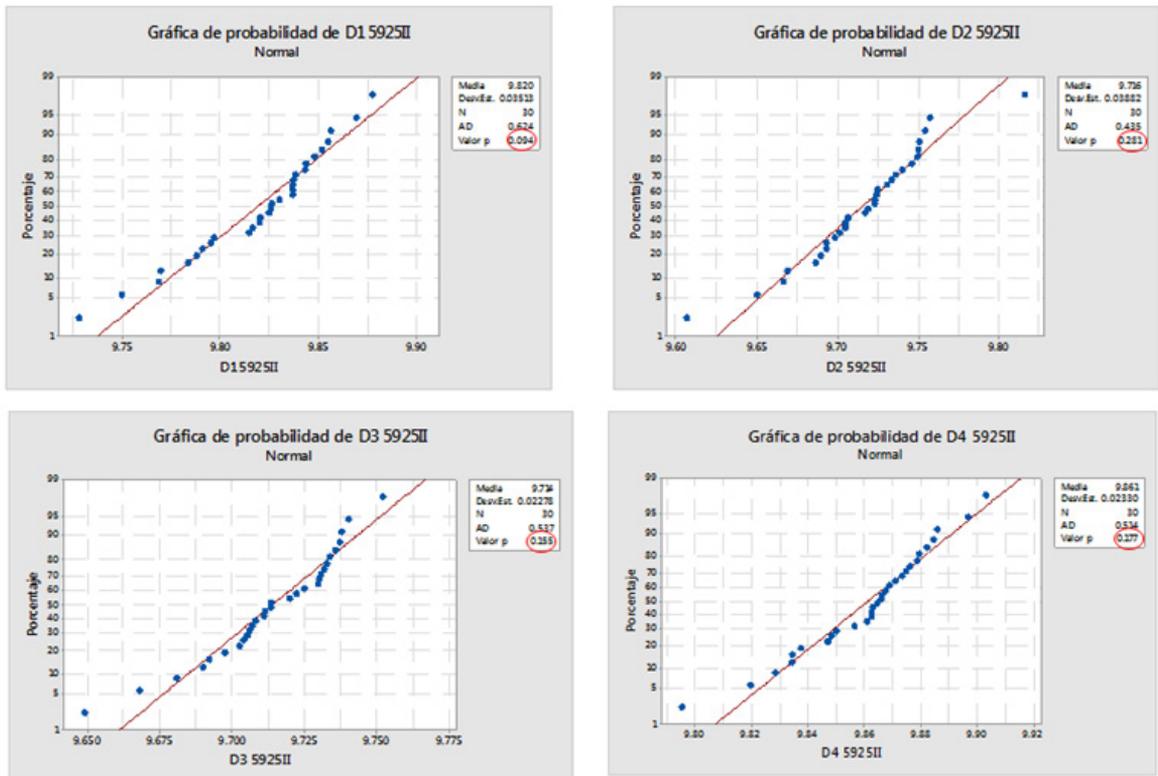
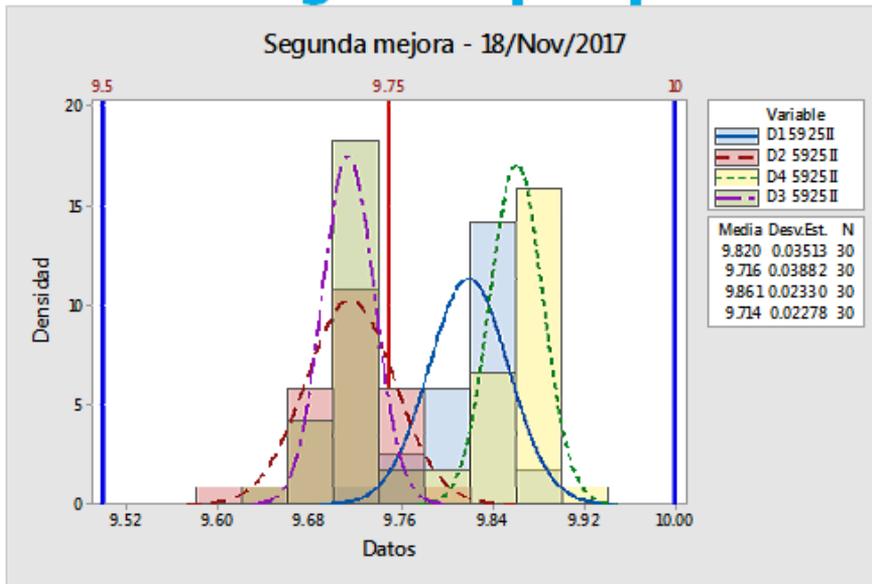


Figura 12. Prueba de normalidad para la cavidad 5925.

Histograma por punto



Gráfica 7. Histograma por puntos.

Análisis de capacidad 5925 segunda mejora.

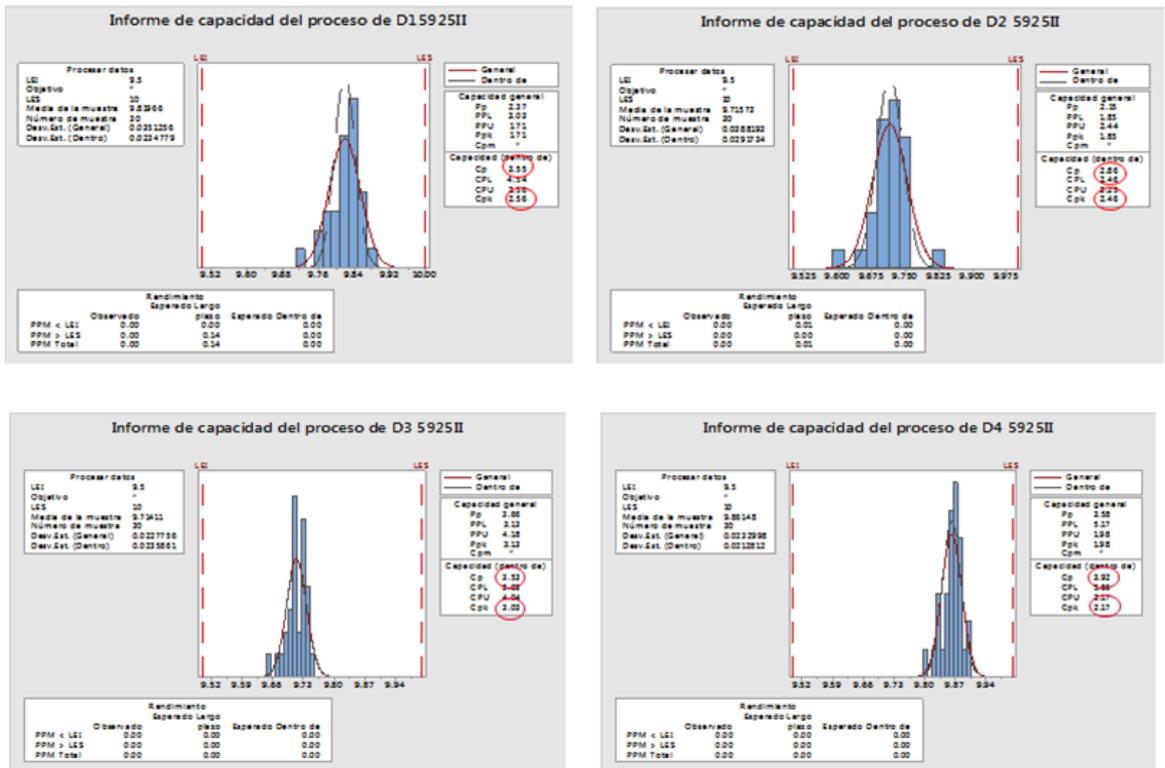


Figura 13. Análisis de capacidad segunda mejora para la cavidad 5925

de (-0.34 a 2.46), para D3 de (3.22 a 3.03) y D3 de (6.28 a 2.17)

Se comparan los datos de la cavidad 5925 inicialmente, después de la primera mejora y después de la segunda mejora

Gráfica 8

La reducción de la variación fue notablemente significativa en la cavidad al haber realizado las mejoras

Se logró superar la meta esperada, la cual era tener un $Cpk \geq 1.67$ y se obtuvo un $Cpk \geq 2.17$

En la siguiente gráfica de cajas y bigotes se ve como las medias de cada uno de los puntos se van acercando al valor nominal y también se muestra como es el aumento del nivel de sigma del proceso con cada mejora

Gráfica 9

CONTROLAR

En esta etapa se enlistaron cada uno de los 48 moldes, cada uno con su versión y su número de serie para controlar de una mejor manera los moldes de los volantes que se están modificando y los que ya se han modificado. Se resaltarán en la lista con color verde los volantes modificados y con color amarillo los volantes en proceso de modificación

También en esta etapa se elaboró una hoja de verificación para que la empresa tuviera evidencia con el cliente, después de haber modificado todos los moldes, de información que confirme al realizar la inspección y tomar mediciones, que se cumple con las especificaciones. De esta forma se espera que el cliente autorice que la inspección 100% se suspenda y eliminar las máquinas medidoras de alturas en cada una de las líneas

Según Kubiak T. y Benbow D.(2009) con respecto a Seis Sigma la oportunidad de registrar la información y lecciones aprendidas relacionadas al proyecto, podrían fácilmente ser incorporadas en la fase de control de la metodología. Las Organizaciones pueden

establecer requerimientos tales que ningún proyecto sea cerrado sin primero registrar la información relevante del proyecto y lecciones aprendidas en alguna base de datos permanente

PRUEBAS Y RESULTADOS

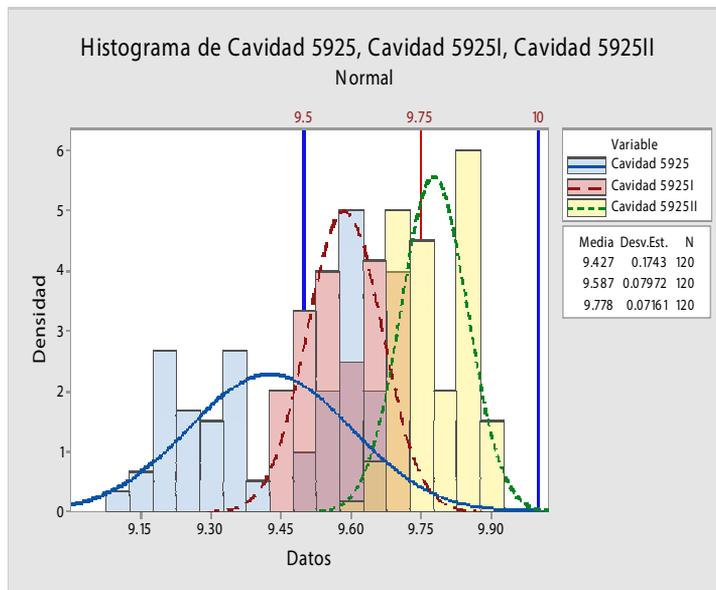
Al aumentar CPk en las alturas de uretano del volante moldeado en los puntos de apoyo hasta valores mayores que 2 se presentarán resultados al cliente para no medir las alturas al 100% en la línea. Esto resultará en:

- Eliminar 4 estaciones de trabajo de medición de altura.
- Reducir espacio entre líneas. $(10.7639ft^2 / m^{2*} \$9USD/ ft^2 = \$96.87 USD / m^2)$
- Disminuir tiempo de ciclo del volante. (123seg a 91seg por volante)
- Reducción de 8 operadores (\$64kUSD).

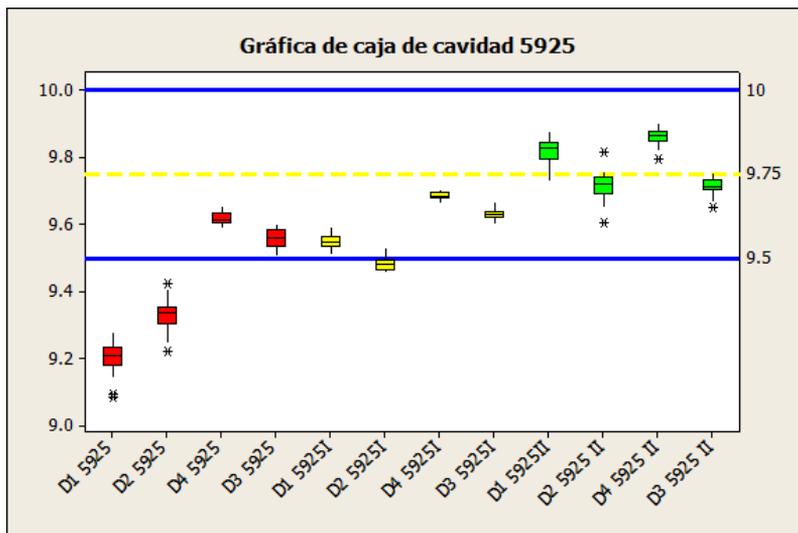
CONCLUSIONES

Seis Sigma, nos proporciona una metodología de mejora continua eficaz, a través de la estadística aplicada que apoya la satisfacción del cliente y optimización de recursos. El éxito en la implementación de Seis Sigma depende no solo de la difusión de conocimientos en métodos estadísticos, sino del compromiso y la disposición de los dueños o gerentes encargados de liderar este cambio de cultura dentro de toda la Organización, así como de los recursos humanos y materiales destinados a este programa y finalmente la motivación para propiciar este cambio en cada uno de los empleados en todos los niveles, para adoptar una nueva metodología de mejora de la calidad que genere competitividad para la empresa al ofrecer productos y servicios mejorados y libres de defectos que cumplan con los requisitos de calidad requeridos por los clientes

En este proyecto se logró el objetivo (Capacidad de alturas mayor a 1.67 por



Gráfica 8. Histograma de comparación de mejoras.



Gráfica 9. Gráfica de cajas y bigotes comparando mejoras

punto y por cavidad) gracias al uso planeado y ordenado de la metodología Seis Sigma DMAIC. La validación estadística de los datos y resultados fue el soporte irrefutable para contar con un cien por ciento de apoyo de la Alta Administración de la empresa

REFERENCIAS

- Gryna, F. M., & Chua, R. C.H. & Defeo, J.A.(2007). *Método Juran. Análisis y planeación de la calidad*. México: Editorial Mc. Graw Hill.
- Kubiak T.M., & Benbow D. (2009). *The Certified Six Sigma Black Belt Handbook*. Millwaukee, Wisconsin; Editorial Mc. Graw Hill.
- McCarty T., & Bremer M. (2004). *The Six Sigma Black Belt Handbook*. Schaumburg, Illinois. Editorial Mc. Graw Hill.
- Pyzdek T. (2003). *The Six Sigma Handbook* . Estados Unidos de America. Editorial Mc. Graw Hill.
- Escalante E. (2005). *Seis sigma Metodología y Técnicas*. México. Editorial Limusa.