



Cristina A. Barbiero
María Isabel Flury
José Alberto Pagura
Marta B. Quaglino
Marta Ruggieri

Instituto de Investigaciones Teóricas y Aplicadas. Escuela de Estadística.

LA IMPORTANCIA DE LA ESTADISTICA EN ESTRATEGIAS DE MEJORA CONTINUA DE LA CALIDAD. LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA

I- INTRODUCCIÓN

El Control de Calidad es un concepto desarrollado originalmente en las empresas de producción, que comenzó con un énfasis en la inspección del producto final y fue evolucionando a través de los años pasando por el Control Estadístico del Proceso hasta llegar a la implementación de técnicas que aseguren la calidad del producto desde su diseño.

En los últimos años ha habido un auge espectacular en la implantación de unas nuevas estrategias de gestión que se recogen bajo la denominación genérica de Calidad Total. Estos nuevos enfoques están afectando a empresas y organizaciones, no sólo en el sector industrial sino también en el de los servicios, tanto en entidades grandes como en las pequeñas, y tanto sea en el sector privado como en el público. La idea básica de estos planteamientos es la puesta en marcha de un proceso de mejora continua de la calidad y de la productividad de todos los procesos que se llevan a cabo en una organización, como forma de garantizar la rentabilidad y supervivencia a largo plazo de la misma. El fundamento de este proceso de mejora continua es la potenciación al máximo de los recursos humanos de la organización, y la puesta en marcha de un enfoque racional y científico en el análisis de los problemas que permita aprovechar toda la información que se genera en la misma.

En este marco, ha aparecido una metodología de mejora continua de la calidad que engloba un conjunto de actividades basadas en principios estadísticos, que es conocida como "Estrategia Seis-Sigma". Las herramientas estadísticas que se utilizan para dar solución a los distintos problemas, son similares a las empleadas en otras estrategias de mejoramiento de la calidad modernas, sin embargo Seis Sigma hace énfasis en la aplicación de estas herramientas en forma metódica y sistemática de manera de lograr mejoras con resultados medibles económicamente.

El propósito de este trabajo es introducir las ideas principales de esta metodología, haciendo énfasis en el papel fundamental que cumple la Estadística a la hora de su implementación.

II- ¿QUÉ ES SEIS SIGMA?

Seis Sigma es una metodología rigurosa de mejora que incorpora un enfoque sistemático de reducción de errores, a partir del empleo de un amplio conjunto de herramientas estadísticas para determinar y analizar los posibles problemas que afectan a diferentes proce-



tos dentro de una organización. Un "proceso" factible de mejora, puede estar representado por cualquier procedimiento: de fabricación, de ensamblado, de mantenimiento de stock, de pasos administrativos, de atención al cliente, de atención de garantías, etc. En cada proceso siempre será importante identificar las características deseables que requerirán sus "clientes", quienes pueden ser tanto externos como internos de la empresa. La metodología, en general permite dar una medida del rendimiento de los procesos, implementar una metodología de mejora e impulsar una transformación en la organización empresarial.

Las actividades que propone la metodología Seis Sigma, están destinadas a:

- disminuir la variabilidad de los procesos, logrando menos de 4 defectos por millón de oportunidades
- reducir el tiempo de los ciclos de cada proceso, desde un 30 a un 50% por año
- reducir los costos para impactar sobre la rentabilidad de la empresa

El costo de la *no calidad* impacta fuertemente en los resultados de todo negocio y por ello, en Seis Sigma se enfatiza que los resultados de su aplicación se deben traducir siempre en beneficios económicos. Esta es una diferencia fundamental con otras estrategias de mejora continua. Su potencia se describe como un retorno a la inversión y queda demostrada en términos económicos. Además, mientras que las estrategias clásicas se aplican globalmente en toda la organización, Seis Sigma enfoca sólo aquellas áreas en que estén presentes los defectos, por lo cual se espera que sus resultados aparezcan en el corto plazo.

Para que Seis Sigma sea realmente efectivo, debe construirse dentro de la organización una infraestructura que motive o produzca un *proceso de concientización*. La búsqueda de oportunidades de mejora, está a cargo de personas que forman parte de la organización y están especialmente entrenadas para ello. Para implementar el enfoque Seis Sigma, es esencial que el compromiso comience y permanezca en la alta dirección de la compañía. El proceso Seis Sigma comienza con la sensibilización de los ejecutivos para llegar a un entendimiento común del enfoque y para comprender los métodos que permitirán a la organización alcanzar altos niveles de calidad. El paso siguiente consiste en la selección de los empleados, profesionales con capacidad y responsabilidad en sus áreas, que van a ser formados para liderar los proyectos de mejora. Muchos de estos empleados tendrán que dedicar una parte importante de su tiempo a los proyectos si se pretenden resultados significativos. La formación de estos líderes involucra la definición de un proyecto concreto de mejora, que los capacitará como candidatos a una nueva profesión. Durante el ciclo de formación se utiliza la estrategia de enseñanza "presentar/practicar/aplicar/revisar". El producto final de la capacitación debe ser un informe final escrito, que documente los logros obtenidos y el impacto sobre la estructura de la compañía.

II.1- Recursos humanos

El personal involucrado en la implementación de los procesos de mejora recibe diferente formación de acuerdo a su responsabilidad y se los identifica recurriendo a una analogía con las artes marciales, como *Black Belt* y *Green Belt*. El *Black Belt* está dedicado a tiempo completo a detectar oportunidades de cambio y a conseguir que se logren resultados. Es responsable de liderar, inspirar y dirigir a los miembros de su equipo. Debe poseer firmes conocimientos tanto en materia de calidad, como en temas relativos a estadística, resolución de problemas y toma de decisiones. Los *Black Belts* son los implantadores de estas avanzadas iniciativas de Calidad, son la médula espinal técnica, el soporte sobre el cual se



basa el éxito de las iniciativas Seis Sigma. El *Black Belt* está en un rol operacional de hacer que sucedan las mejoras. Generalmente trabaja bajo la conducción de un Líder de Calidad Seis Sigma o Master Back Belt que sirve de entrenador, mentor y consultor. Los *Black Belts* suelen conducir varios proyectos a la vez, es decir, son *multi-tarea*. Otra habilidad que deben adquirir es la de saber presentar claramente los resultados de los proyectos, tanto en forma verbal como escrita.

Después de presentar un cierto número de proyectos financieramente exitosos, los *Black Belts* son certificados. El número de proyectos varía según el tipo de empresa, pero generalmente está entre cinco y quince. En EEUU, organizaciones externas tales como ASQ (American Society for Quality) y la University of Tennessee Center for Executive Education, pueden certificar después de un único proyecto. La recompensa después de lograda la certificación, puede ser de tipo financiero o no financiero. No hay un criterio estándar para la certificación, por lo tanto ser un *Black Belt* certificado tiene poco significado si no se conoce el criterio de certificación específico empleado.

El *Green Belt* está formado en la metodología Seis Sigma y es un miembro del equipo que sirve de apoyo a las tareas del *Black Belt*. Sus funciones fundamentales consisten en aplicar los conceptos y herramientas de Seis Sigma a las actividades diarias de la organización.

También existe otra figura importante que generalmente la cumple un directivo que está a cargo del área donde el *Black Belt* lleva a cabo su proyecto de mejora al que se lo denomina *Champion*. El mismo forma parte del Comité de Liderazgo, siendo sus responsabilidades el garantizar que los proyectos estén alineados con los objetivos generales del negocio y proveer dirección cuando eso no ocurra, mantener informados a los otros miembros del Comité de Liderazgo sobre el progreso del proyecto, proveer o persuadir a terceros para aportar al equipo los recursos necesarios, tales como tiempo, dinero y la ayuda de otros. Puede conducir reuniones de revisión periódicas, negociar conflictos y efectuar enlaces con otros proyectos Seis Sigma.

II.2- Indicadores

La metodología Seis Sigma utiliza un sistema de indicadores para diagnosticar el estado de un proceso así como para medir los resultados de un proyecto de mejora. Algunos de uso frecuente son el "Índice de defectos por unidad", el "Índice de defectos por oportunidad" y el índice o nivel sigma. Como todo Indicador permiten establecer comparaciones entre distintos procesos dentro de una misma empresa o entre procesos similares de distintas empresas. Los dos primeros se definen como relativos de la cantidad de defectos respecto de distintos totales, a saber:

$$DPU = \frac{\text{Defectos}}{\text{Unidades}} \qquad DPO = \frac{\text{Defectos}}{\text{Unidades} * \text{Factores}_{\text{criticos}}}$$

El denominador del *DPO* proporciona el total de defectos factibles o de oportunidades de fallas, o sea que su cálculo es adecuado cuando pueden esperarse varios tipos de defectos por unidad inspeccionada. También suele hablarse del "Índice de defectos por millón de oportunidades", (*DPMO*) que no es más que el *DPO* multiplicado por un millón. El cálculo de cualquiera de estos índices requiere de un período de inspección del proceso, ya sea por muestreo o por inspección completa. También podrían obtenerse a partir de registros históricos existentes en la empresa.



Los valores de los indicadores anteriores dependerán de la variabilidad de los procesos que se analizan. Mientras mayor dispersión tengan las variables que se estudian, mayor será la proporción de unidades que estarán fuera de las especificaciones. Por lo tanto, el nivel de desempeño o rendimiento de cada proceso se evalúa en términos de su variabilidad, medida en unidades de desviación estándar.

Si la variable de calidad de interés en un proceso de manufactura o de servicio, se comporta de acuerdo a una distribución Normal, el intervalo comprendido entre la media \pm tres veces el desvío estándar, contiene aproximadamente el 99,73% de las unidades. Si dichos límites coinciden con las especificaciones, el proceso tendrá 0,27% de unidades defectuosas o 2700 unidades defectuosas por millón. Un proceso con estas características, es aceptable en las estrategias tradicionales de mejora de la calidad, sin embargo en la metodología Seis Sigma, el objetivo es obtener tasas de defectos más pequeñas. Para ello se busca reducir la variabilidad del proceso de modo que aún si a largo plazo la media llegara a desplazarse en una cantidad de hasta 1,5 veces σ (en más o en menos), queden fuera de las especificaciones solo 3,4 unidades por millón. A esta clase de procesos se los llama Seis Sigma. De acuerdo a esta definición, los procesos que en la metodología tradicional resultan de un nivel de calidad aceptable, equivalen a aceptar una tasa de fallos de 66800 partes por millón de unidades.

Puede notarse que aceptar un desplazamiento del valor medio en 1,5 veces σ , equivale a obtener una proporción de unidades fuera de especificación igual al área encerrada por la curva normal a la derecha del valor medio más 4,5 veces σ (o a la izquierda del valor medio menos 4,5 veces σ). Dicha área corresponde a 0,00034% o su equivalente, 3,4 unidades de cada millón.

El criterio de establecer el porcentaje de unidades fuera de especificación en base a un corrimiento de la media, equivale a trabajar pensando en un posible aumento de la variabilidad a largo plazo, lo cual enfoca en forma más realista, la visión del cliente.

Con este concepto se contruye un indicador del rendimiento de cualquier proceso, que suele denominarse Nivel o Índice Sigma, que vincula la variabilidad con el indicador *DPMO* definido anteriormente. Este indicador de rendimiento permite ubicar al proceso bajo análisis en función del objetivo establecido por la estrategia Seis Sigma. Por ejemplo, un proceso que tiene un *DPMO* de 6200, es un proceso 4σ y tiene un rendimiento de 99,38 %, que corresponde a la proporción de unidades dentro de los límites de especificación y por lo tanto es susceptible de mejora. Suelen darse tablas de conversión para encontrar rápidamente cual es el Nivel en Sigma y el rendimiento del proceso para un determinado *DPMO*, o viceversa

III- MÉTODO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS PLANTEADO POR LA ESTRATEGIA SEIS SIGMA

Cualquier proceso dentro de una organización puede comprenderse como una función que aplicada sobre ciertas variables de entrada, proporciona un conjunto de variables de resultado. Los métodos Seis Sigma proponen trabajar para mejorar los procesos, sobre aquellas variables de entrada que influyan significativamente sobre las variables de resultados. Para decidir sobre estas cuestiones, se recomienda no basarse en criterios subjetivos, sino en hechos objetivos deducidos a partir del análisis de información existente o recogida para ese fin.

El desarrollo de un proyecto de mejora continua Seis Sigma se plantea a partir de cinco etapas básicas y bien diferenciadas, las cuales constituyen lo que se ha dado en llamar Me-



metodología DMAIC (por las siglas en inglés de: Define, Measure, Analyze, Improve y Control).

La fase identificada como DEFINIR, consiste en realizar un diagnóstico, identificando cuáles son los elementos que participan en el proceso. Para ello Seis Sigma considera distintos instrumentos, como por ejemplo, identificar los requisitos de los clientes, las variables resultantes del proceso que son de principal interés y los puntos críticos para la mejora. En esta fase se deberá elaborar un documento básico del proyecto.

En la fase MEDIR se deben determinar cuáles son las características críticas que influyen sobre las variables resultantes del proceso y medirlas. Se debe preparar un plan de recolección de datos. Esta fase permite al Black Belt tener toda la información del proceso y poder desarrollar alguna teoría acerca del funcionamiento del mismo y empezar a encontrar relaciones causa-efecto que le permitan descubrir cuáles son las causas raíces del problema.

En la fase ANALIZAR, se realiza un estudio exhaustivo de toda la información recolectada en la etapa anterior, identificando las causas vitales de variación del proceso. Esta etapa es la de mayor contenido técnico ya que en la comprobación de teorías o hipótesis sobre el funcionamiento del proceso es muy frecuente tener que acudir a herramientas estadísticas avanzadas. En esta fase se deducen las relaciones existentes entre las variables de entrada y salida del proceso.

La fase MEJORAR comienza una vez que se han identificado las citadas causas vitales, es en esta fase donde se desarrolla un plan de implantación de mejoras que aporte soluciones sólidas para eliminar los defectos en los que incurre el proceso. Además se realiza un análisis costo- beneficio de las citadas soluciones, de forma que puedan ser una ayuda a la toma de decisiones de la Dirección de la Empresa. A veces, antes de ser implantadas las mejoras, es recomendable hacer una prueba piloto de las mismas para determinar su alcance.

Por último, en la fase CONTROLAR se comprueba la validez de las soluciones propuestas y probadas en escala piloto. Se deben establecer controles, no sólo sobre las salidas del proceso sino también sobre las causas vitales que inciden en su consecución. A veces los procesos pasado un cierto tiempo, pierden regularidad en su comportamiento. Para evitarlo, la metodología Seis Sigma impone controles que monitorizan permanentemente los procesos con el fin de mantener las ganancias conseguidas.

IV- MÉTODOS ESTADÍSTICOS IMPRESCINDIBLES EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL CICLO DMAIC

Teniendo en cuenta el énfasis que hace la metodología Seis Sigma en la toma de decisiones basada en la evidencia proporcionada por información objetiva, la Estadística se presenta como la disciplina imprescindible para su aplicación. Las técnicas estadísticas sirven para identificar y resolver problemas en distintas áreas de la empresa. La estadística se emplea para recolectar y analizar información, para adquirir conocimientos a fin de tomar decisiones correctas las que son críticas para el logro de los objetivos. Es de destacar que en la currícula de formación de *Black Belt* se dedica un tiempo importante a la enseñanza de métodos estadísticos. El contenido de esta formación específica ha sido tema de amplias discusiones, y puede mencionarse el artículo publicado en *Journal of Quality Technology*, por Hoerl (2001) y que se encuentra acompañado por siete comentarios de reconocidos especialistas, entre los que se encuentra D. C. Montgomery. En el mencionado trabajo, se proponen distintos niveles de capacitación necesaria, según el área en la que desempeñará el *Black Belt*.



Las técnicas estadísticas que debe manejar un *Black Belt*, corresponden tanto a herramientas básicas, como a métodos avanzados, aunque en su formación se insiste en la aplicación sencilla de todos los métodos, aún de los que tienen un sustento teórico complejo. Es así que aparece un amplio campo potencial de tareas de complementación entre profesionales Estadísticos y estos expertos en calidad Seis Sigma.

Entre los métodos estadísticos que un *Black Belt* debe aprender para su aplicación se encuentran las conocidas como "7 herramientas básicas":

Diagrama de causa – efecto: también llamado de espina de pescado o Diagrama de Ishikawa, es una representación gráfica que muestra un conjunto de causas, en forma compacta, lógica y ordenada, que intervienen o producen un determinado efecto. En general un problema en el proceso no es el resultante de una única causa y mucho menos de aquella que se tiene más a mano. Para poder elaborarlo es necesario que todas las partes involucradas intercambien ideas y discutan sobre las posibles causas.

Diagrama de Pareto: se utiliza con el objeto de visualizar rápidamente qué factores en un determinado problema son los más importantes y a cuáles habrá que prestar mayor atención para darle solución. El diagrama se basa en el principio de *pocos vitales – muchos triviales*: en general son pocos los elementos que tienen gran influencia en comparación con la poca importancia que tienen la mayoría de ellos. La aplicación de este principio ayuda a conocer hacia adonde hay que dirigir los esfuerzos para obtener los mejores resultados.

Diagrama de dispersión: permite visualizar la forma de la relación existente entre una característica de calidad y algún principal factor que la afecte.

Histograma: es una representación gráfica de la pauta de variabilidad de la variable que se estudia. Se utiliza para visualizar el comportamiento del proceso con respecto a ciertos límites y tolerancias, la distribución y la desviación de productos defectuosos, los valores medios y las desviaciones de distintos grupos con el objeto de compararlos, la diferencia con el valor objetivo.

Estratificación: consiste en clasificar las observaciones de acuerdo con alguna característica en común, identificando el grado de influencia de determinados factores sobre el proceso.

Hojas de verificación: también llamadas planillas de inspección. Se utilizan para recopilar datos del proceso o para comprobar si se han efectuado determinados trabajos, de forma que su aprovechamiento sea sencillo y su análisis automático. Existen diversas planillas que sirven para controlar la distribución del proceso, el tipo de defecto, la ubicación de los defectos y las causas de los mismos.

Gráficos

- **Diagrama de afinidad:** consiste en reunir opiniones diversas, en grupos o apartados afines con el fin de identificar mejor el problema en discusión, permitiendo aportar nuevas ideas para su solución.
- **Diagrama de árbol:** útil para presentar en forma ordenada el conjunto de medidas con las que se alcanza un objetivo determinado.
- **Diagrama de flujo de proceso:** es una representación gráfica de una secuencia de pasos de un proceso que permite identificar las principales fases y problemas.
- **Diagrama de flechas:** útil para visualizar el tiempo en el que se deben llevar a cabo las diferentes tareas de un plan.
- **Diagrama de tallo y hoja:** es una técnica del análisis exploratorio de datos que permite visualizar la distribución de una variable cuantitativa.
- **Diagrama de caja:** a través de cinco medidas resumen, describe un conjunto de datos.
- **Corridas:** útiles para evaluar el comportamiento del proceso a través del tiempo, medir la amplitud de la dispersión y observar la dirección y cambios.



Aparte de estas herramientas básicas, se utilizan con frecuencia:

- Técnicas de muestreo
- Estimación y prueba de hipótesis
- Análisis de regresión.
- Análisis de la capacidad de procesos
- Estudios de repetibilidad y de reproducibilidad de la medida
- Diseño de experimentos
- Metodología de superficie de respuesta
- Técnicas de investigación operativa
- Análisis multivariado
- Análisis de confiabilidad
- Etc.

V- SOFTWARE PARA SEIS SIGMA

La utilización frecuente de métodos estadísticos en la estrategia Seis Sigma, debe estar respaldada por un software adecuado, de manejo simple en el empleo de métodos complejos. Actualmente, MINITAB es el programa más utilizado por los responsables de proyectos de mejora por medio de la estrategia Seis Sigma. Puede comprobarse que tanto Six Sigma Academy como las diferentes ofertas de formación de recursos para Seis Sigma promueven el uso de este programa por su sencillez de utilización, por incluir la totalidad de las técnicas cuyo uso se plantea y por su identificación con esta metodología. Otro programa adecuado como soporte para la implementación de esta estrategia es STATGRAPHICS que presenta características generales parecidas a las de MINITAB, pero que tiene menor antigüedad en el mercado.

VI- CONSIDERACIONES FINALES

La metodología Seis Sigma aparece como una potente estrategia para lograr importantes mejoras en los procesos de producción y de servicios. Las características distintivas de desarrollar proyectos de mejora en plazos de corta duración y realizar la evaluación de sus resultados en términos económicos, aumentan la posibilidad de implementación en el ámbito de las organizaciones actuales.

Cabe mencionar que en la actualidad, son en gran parte las empresas multinacionales las que han incorporado esta metodología y ya muestran los beneficios recibidos por su utilización, los que superan ampliamente la inversión en formación de recursos humanos. Algunas empresas grandes de nuestro país están comenzando a adoptar Seis Sigma y también se comienza a evidenciar el interés de algunas PYMES. Vale aclarar que no todo proceso podrá tratarse con Seis Sigma sino que en primer lugar debe hacerse una evaluación de costo beneficio para determinar la factibilidad de su implementación.

Estas estrategias, que atraen la atención de las empresas por las tangibles ventajas económicas que puede producir su implementación, están abriendo un camino interesante a la inserción de la Estadística dentro de un ámbito hasta ahora poco explorado en nuestro medio.



BIBLIOGRAFÍA

- . Breyfogle, Forrest W. (2003). "Implementing Six Sigma", (Second Edition). *John Wiley and Sons*, New York
- . Eckes, George. (2003). "Six Sigma for everyone". *John Wiley and Sons*. New Jersey.
- . Hoerl R.W. (2001). "Six Sigma Black Belts: What Do They Need to *Know?*". *Journal of Quality Technology*, Vol 33, No. 4, 391-435
- . Kiemele, M.J., Smichdt, S.R. and Berdine, R.J. (1999). *Basic Statistics. Tools for Continuous Improvement*, (Fourth edition). *Air Academy Press & Associates*, Colorado
- . Prat Bartés A., Martorell Llabrés, X., Grima Cintas P., Pozueta Fernández, L. (2000). "Métodos Estadísticos. Control y Mejora de la Calidad". *Alfaomega. Edicions UPC. Universitat Politècnica de Catalunya*. Barcelona. España.