

Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim

Jared R. Ocampo

Universidad Tecnológica Centroamericana, San Pedro Sula, Honduras, jared.ocampo@unitec.edu

Aldo E. Pavón

Universidad Tecnológica Centroamericana, San Pedro Sula, Honduras, a.pavon@unitec.edu

ABSTRACT

In recent years the concepts of Six Sigma together with its DMAIC methodology have become the standard way to solve operational and design problems in manufacturing and service systems. However, this methodology lacks the use of simulation and optimization tools which take into consideration the complexity associated with non-normal statistical distributions, random failures, etc. This paper makes a comparative analysis of the DMAIC methodology and the steps taken to develop a simulation model and proposes a methodology which utilizes both tools in a synchronized way to analyze different scenarios in any type of system that requires improvement. It is expected that the large number of green and black belt personnel available throughout different companies can use this methodology to make their operations more efficient through experimentation in virtual models.

Keywords: Six Sigma, Simulation, DMAIC, Flexsim

RESUMEN

En años recientes los conceptos de Seis Sigma junto con su metodología DMAIC se han convertido en la forma estándar de resolver problemas operacionales y de diseño tanto en la manufactura como en los sistemas de servicio. Sin embargo, esta metodología adolece del uso de herramientas de simulación y optimización que tomen en consideración la complejidad asociada con distribuciones estadísticas que no son normales, fallos aleatorios, etc. Este documento realiza un análisis comparativo entre la metodología DMAIC y los pasos seguidos para desarrollar un modelo de simulación y propone una metodología que incorpore ambas herramientas de forma sincronizada para analizar diferentes escenarios en cualquier tipo de sistema que requiera mejora. Se espera que el número cada vez más grande de cinturones verdes y negros disponibles en diferentes empresas puedan usar esta metodología para volver más eficientes sus operaciones mediante la experimentación en modelos virtuales.

Palabras claves: Seis Sigma, Simulación, DMAIC, Flexsim

1. INTRODUCCION

Para mejorar la calidad de un sistema de manufactura o servicio es necesario utilizar un enfoque formal al análisis de desempeño del sistema y a la búsqueda de formas de mejorar dicho desempeño. El DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es la metodología de mejora de procesos usado por Seis Sigma, y es un método iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado basado en el planteamiento de una hipótesis, la realización de experimentos y su subsecuente evaluación para confirmar o rechazar la hipótesis previamente planteada (McCarty et al., 2004). Por su parte, la simulación de eventos discretos es una herramienta valiosa para la mejora del desempeño de sistemas ya que los modelos usados se caracterizan por tomar en consideración no solo las interacciones que las diferentes entidades presentan entre si, sino también la variabilidad e incertidumbre de los procesos. Esto se logra al incorporar al análisis aspectos lógicos, matemáticos y estructurales de los sistemas o procesos siendo simulados, lo que significa que en lugar de tener que realizar experimentos en el sistema real, estos pueden hacerse en un modelo simulado. Por lo tanto, las deficiencias que pueden encontrarse en la metodología Seis Sigma pueden ser contestadas a través de la simulación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 EL METODO DMAIC PARA EL MEJORAMIENTO

Para poder realizar mejoras significativas de manera consistente dentro de una organización, es importante tener un modelo estandarizado de mejora a seguir. DMAIC es el proceso de mejora que utiliza la metodología Seis Sigma y es un modelo que sigue un formato estructurado y disciplinado (McCarty et al., 2004). DMAIC consistente de 5 fases conectadas de manera lógica entre sí (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) ilustrado en la figura 1. Cada una de estas fases utiliza diferentes herramientas que son usadas para dar respuesta a ciertas preguntas específicas que dirigen el proceso de mejora.

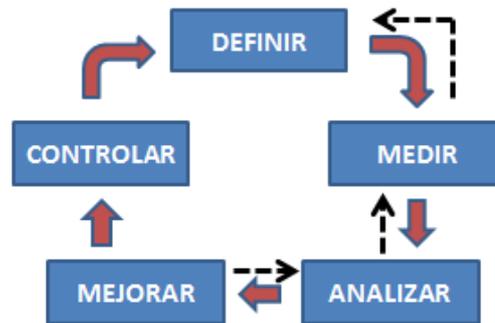


Figura 1 El proceso iterativo DMAIC de Seis Sigma

Definir

Es la fase inicial de la metodología, en donde se identifican posibles proyectos de mejora dentro de una compañía y en conjunto con la dirección de la empresa se seleccionan aquellos que se juzgan más prometedores. De acuerdo a Bersbach (2009), para definir apropiadamente el problema deben responderse preguntas tales como: ¿por qué es necesario hacer (resolver) esto ahora? ¿Cuál es el flujo de proceso general del sistema? ¿Qué se busca lograr en el proceso? ¿Qué beneficios cuantificables se esperan lograr del proyecto? ¿Cómo sabrá que ya terminó el proyecto (criterio de finalización)? ¿Qué se necesita para lograr completar el proyecto exitosamente?

Los entregables claves a completarse en esta fase para responder a estas preguntas son:

- El Charter del Proyecto
- Mapa de Proceso SIPOC
- Voz del Cliente
- Árbol Crítico para la Calidad (CTQ)

Medir

Una vez definido el problema a atacar, se debe de establecer que características determinan el comportamiento del proceso (Brue, 2002). Para esto es necesario identificar cuáles son los requisitos y/o características en el proceso o producto que el cliente percibe como clave (variables de desempeño), y que parámetros (variables de entrada) son los que afectan este desempeño. A partir de estas variables se define la manera en la que será medida la capacidad del proceso, por lo que se hace necesario establecer técnicas para recolectar información sobre el desempeño actual del sistema, es decir que tan bien se están cumpliendo las expectativas del cliente.

Bersback opina que esta etapa debe permitir responder las siguientes preguntas: ¿Cuál es el proceso y como se desarrolla? ¿Qué tipo de pasos componen el proceso? ¿Cuáles son los indicadores de calidad del proceso y que variables de proceso parecen afectar más esos indicadores? ¿Cómo están los indicadores de calidad del proceso relacionados con las necesidades del cliente? ¿Cómo se obtiene la información? ¿Qué exactitud o precisión tiene el sistema de medición? ¿Cómo funciona el proceso actualmente?

Entre las herramientas más comúnmente usadas en esta fase se encuentran:

- Matriz de Priorización
- Análisis de Tiempo de Valor
- Gráficos de Pareto
- Gráficos de Control

Analizar

Esta etapa tiene como objetivo analizar los datos obtenidos del estado actual del proceso y determinar las causas de este estado y las oportunidades de mejora. En esta fase se determina si el problema es real o es solo un evento aleatorio que no puede ser solucionado usando DMAIC. En esta etapa se seleccionan y se aplican herramientas de análisis a los datos recolectados en la etapa de Medir y se estructura un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en el siguiente paso. Esto se hace mediante la formulación de diferentes hipótesis y la prueba estadística de las mismas para determinar qué factores son críticos para el desempeño final del proceso

Las preguntas a contestar durante esta etapa son: ¿Qué variables de proceso afectan más la calidad (variabilidad del proceso) y cuales podemos controlar? ¿Qué es de valor para el cliente? ¿Cuáles son los pasos detallados del proceso? ¿Cuántas observaciones necesito para sacar conclusiones?

Entre las herramientas más comúnmente usadas se encuentran:

- Diagramas de causa-efecto
- Estudio de correlación
- Prueba de Chi-Cuadrado, T y F
- Diagrama de flujo

Mejorar

Una vez que se ha determinado que el problema es real y no un evento aleatorio, se deben identificar posibles soluciones. En esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora para el proceso. Para hacer esto se requiere de una lluvia de ideas que genere propuestas, las cuales deben ser probadas usando corridas piloto dentro del proceso. La habilidad de dichas propuestas para producir mejoras al proceso debe ser validada para asegurar que la mejora potencial es viable. De estas pruebas y experimentos se obtiene una propuesta de cambio en el proceso, es en esta etapa en donde se entregan soluciones al problema.

Algunas de las preguntas que Bersbach sugiere que deben de contestarse antes de pasar a la siguiente etapa son: ¿Qué opciones se tienen? ¿Cuáles de las opciones parecen tener mayor posibilidad de éxito? ¿Cuál es el plan para implementar el nuevo proceso (opciones)? ¿Qué variables de desempeño usar para mostrar la mejora? ¿Cuántas pruebas necesito correr para encontrar y confirmar las mejoras? ¿Esta solución está de acuerdo con la meta de la compañía? ¿Cómo implemento los cambios?

Entre las herramientas más comúnmente utilizadas en esta fase se encuentran:

- Lluvia de Ideas
- Modo de Falla y Análisis de Efecto
- Herramientas Lean
- Simulación de Eventos Discretos

Controlar

Finalmente, una vez que encontrada la manera de mejorar el desempeño del sistema, se necesita encontrar como asegurar que la solución pueda sostenerse sobre un período largo de tiempo. Para esto debe de diseñarse e implementarse una estrategia de control que asegure que los procesos sigan corriendo de forma eficiente. Las preguntas a responder en esta etapa son: ¿Están los resultados obtenidos relacionados con los objetivos, entregables definidos y criterio de salida del proyecto? Una vez reducidos los defectos, ¿cómo pueden los equipos de trabajo mantener los defectos controlados? ¿Cómo se puede monitorear y documentar el proceso?

Para responder a estas preguntas se requerirán de ciertas herramientas tales como el control estadístico mediante gráficos comparativos y diagramas de control y técnicas no estadísticas tales como la estandarización de procesos, controles visuales, planes de contingencia y mantenimiento preventivo, herramientas de planificación, etc.

2.2 PASOS PARA DESARROLLAR UN ESTUDIO DE SIMULACION

En general se puede decir que la simulación sigue el método científico ya que el usuario inicia formulando una hipótesis de como espera que el sistema se comportará ante cierto escenario. A partir de esta hipótesis o escenario propuesto, el usuario desarrolla un modelo de simulación que le permita experimentar con dicha configuración de variables de entrada. Una vez que el modelo ha sido construido y validado, el usuario lo usa para correr diferentes experimentos de simulación con el fin de probar su hipótesis. Finalmente, mediante la observación del comportamiento de las variables de desempeño o salida, el usuario puede hacer conclusiones acerca de la validez de su hipótesis al confirmar si estas se comportaron como se esperaba, es decir si se pudo o no rechazar la hipótesis inicial. Si la hipótesis fue correcta, entonces se puede proceder a recomendar con confianza la adopción de la configuración simulada. Si la hipótesis se rechaza, el proceso antes descrito se repite y se prueban otros escenarios hasta que el usuario este satisfecho con los resultados obtenidos.

Sturrock (2009) menciona que el desarrollo de un proyecto de simulación va más allá de simplemente construir un modelo en un software de simulación en particular. Para que el desarrollo de un estudio de simulación pueda realmente dirigir al usuario hacia la mejor solución posible al problema bajo estudio, es necesario seguir una serie de pasos específicos y tomar ciertas precauciones que se discutirán a continuación. Muchos autores han planteado diferentes pasos para el desarrollo de un estudio de simulación exitoso. Sin embargo en general todos estos intentos parecen converger o pueden ser resumidos en los pasos presentados por el Dr. Averill M. Law (2009) y que son mostrados en la figura 2:

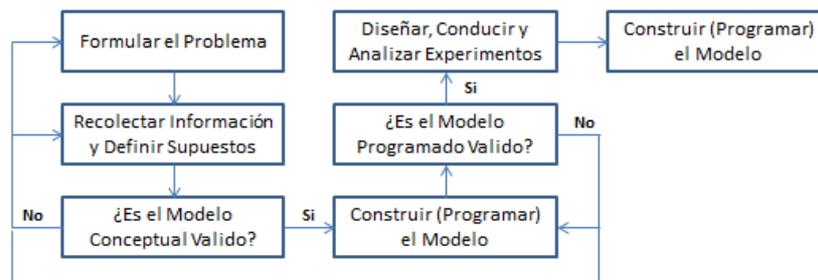


Figura 2: Los pasos para conducir un estudio de simulación exitoso

2.3 SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS CON FLEXSIM

La simulación de eventos discretos es una herramienta poderosa que sirve para analizar y diseñar sistemas nuevos y para dar retroalimentación y proponer cambios a procedimientos de operación en sistemas existentes. Debido a esto la simulación de sistemas se ha vuelto una práctica común en ingenieros, administradores y científicos, en vista de que permite la evaluación del desempeño operativo de un sistema antes de su implementación, o la comparación de varias alternativas operacionales sin perturbar el sistema real.

White e Ingalls (2009) explican que a pesar de los diferentes paradigmas de simulación de eventos discretos que existen, hay una estructura básica que es usada por la mayoría de los paquetes de simulación de hoy en día. Esta estructura está conformada por los siguientes elementos (ilustrados en la figura 3):

- **Entidades** – el arribo de entidades dinámicas genera las entradas del sistema. Estas entidades o productos fluyen a través del sistema y son los elementos que propician los cambios de estado en las variables del sistema. Ejemplos de entidades son clientes, cajas o cualquier elemento que se mueve a través del sistema y al cual el sistema le agrega valor con cada proceso que se realiza.
- **Actividades** – son las tareas desarrolladas de manera directa o indirecta en soporte al procesamiento de las entidades. Son los procesos y lógica en la simulación. Las entidades interactúan con las actividades para crear eventos. Cada vez que una actividad inicia o finaliza un evento sucede y el sistema cambia de estado. Las actividades pueden ser de tres tipos: retraso, espera y lógica. Las actividades de retraso suceden cuando una entidad es detenida por un periodo específico de tiempo (para simular algún

procesamiento). Las actividades de espera ocurren cuando el flujo de una entidad se suspende por un periodo no específico de tiempo debido a que están esperando por un recurso o por una condición especial del sistema (para simular una fila de espera). Las actividades de lógica simplemente permiten que las entidades afecten los estados del sistema al manipular variables de estado y lógica de decisión.

- Recursos – Son los medios mediante los cuales se realizan las actividades y usualmente tienen capacidad limitada. Son objetos que pueden restringir el procesamiento al limitar el ritmo al cual las actividades pueden ser realizadas. Ejemplos de estos recursos son: operarios, maquinas, espacio, información, etc.

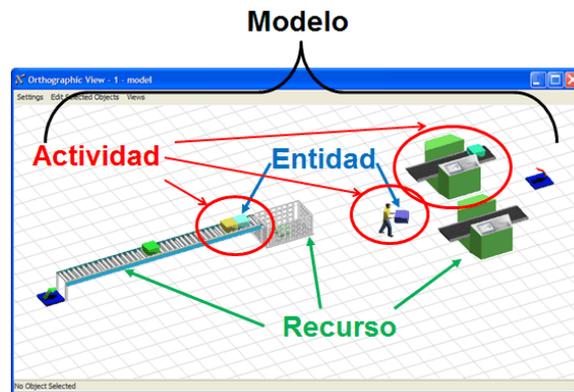


Figura 3: Elementos de un Modelo de Simulación

William Nordgren (2002), CEO de Flexsim Software Products define a Flexsim como un “ambiente de software orientado a objetos usado para desarrollar, modelar, simular, visualizar y monitorear flujos de proceso dinámicos de actividades y sistemas.” Entre las características que tiene este ambiente es que trae integrado dentro de si el compilador C++ y permite el uso de este lenguaje o el de una librería pre compilada llamada Flexscript para la programación de rutinas dentro del software. Toda la animación usada por el software es OpenGL lo que hace que esta pueda ser mostrada en 2D y 3D con una calidad de realidad virtual excepcional y en tiempo real. Además, todas las imágenes y gráficos usados son objetos estándar de la industria tales como .DXF, .3DS, .WRL y .SKP.

Hay cinco pasos básicos para construir un modelo bajo el paradigma de programación de Flexsim:

1. Desarrollar un layout del modelo – Este layout se logra seleccionando y arrastrando objetos de la librería de objetos de Flexsim (ver Figura 4) y colocándolos en la ventana principal. En vista que la ventana principal es una vista espacial en 3D una vez que los objetos han sido colocados el usuario puede rotarlos en los ejes x, y, z así como cambiar su elevación en el eje z para obtener una orientación adecuada utilizando operaciones con el ratón que se describen en detalle en la sección de ayuda del software.

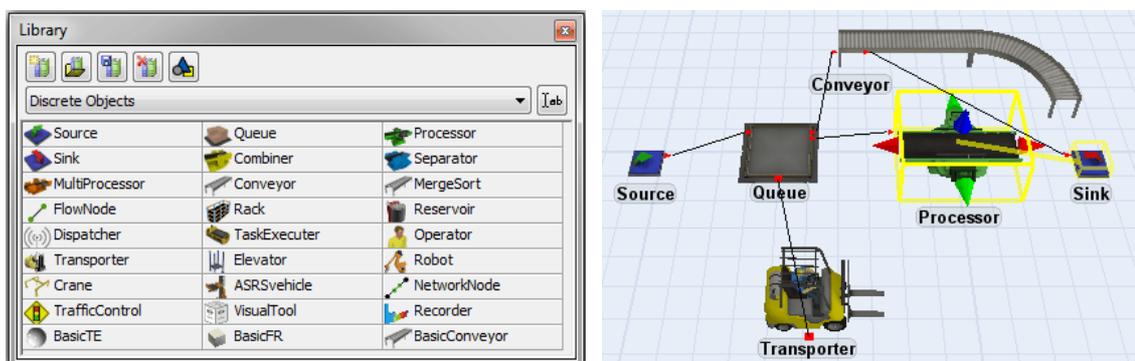


Figura 4: Librería de Objetos de Flexsim y el Uso de Puertos de Conexión

2. Conectar objetos con los puertos – cada objeto tiene una cantidad ilimitada de puertos de entrada, salida y centrales para comunicarse con otros objetos. Los puertos de entrada y salida son utilizados para definir la ruta que las entidades (flowitems) han de seguir en el sistema y se distinguen porque aparecen al lado izquierdo y derecho del objeto respectivamente. Este tipo de conexión se logra haciendo clic en un objeto y arrastrando el ratón hacia un segundo objeto mientras se mantiene apretada la letra 'A' y se deshace haciendo lo mismo pero apretando la letra 'Q' (ver Figura 4). En el caso de los puertos centrales, estos son usados como nodos de referencia para el uso de recursos y se conectan haciendo clic y arrastrando el ratón mientras se mantiene apretada la letra 'S'.
3. Editar el aspecto y configurar el comportamiento de los objetos – una vez que el layout del modelo está conectado es necesario agregar la lógica y los datos de funcionamiento a los objetos. Para hacer esto hay que hacer clic doble en cada objeto para lanzar así la ventana de propiedades del objeto (el GUI del objeto). En esta ventana (ver Figura 5) se pueden configurar los tiempos de ciclo, las capacidades y velocidades, la lógica de ruteo, los tiempos muertos, y otras opciones gráficas (La imagen 2D o 3D del objeto puede ser cambiada para lucir como el objeto real). Todas las opciones tienen listas de selección (picklist) y pueden también ser definidas por el usuario usando Flexscript o C++.

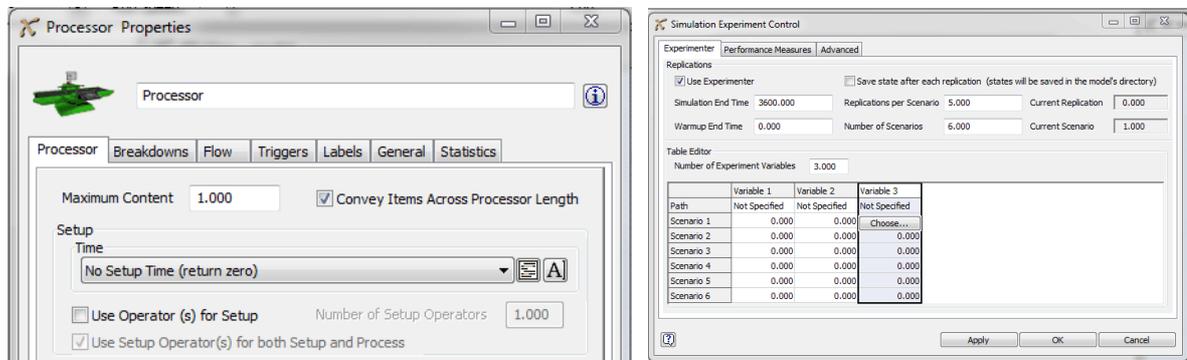


Figura 5. Ejemplo de la Ventana de Propiedades de un Objeto y herramienta Experimenter

4. Compilar y correr el modelo creado – una vez que la lógica ha sido asignada y los parámetros de entrada han sido configurados el usuario puede iniciar a simular escenarios en el modelo creado y hacerlo a una velocidad de ejecución elevada. Flexsim posee una herramienta llamada “Experimenter” que permite definir variables, condiciones y restricciones a ser evaluadas en cada escenario con un numero configurable de réplicas (ver Figura 5).

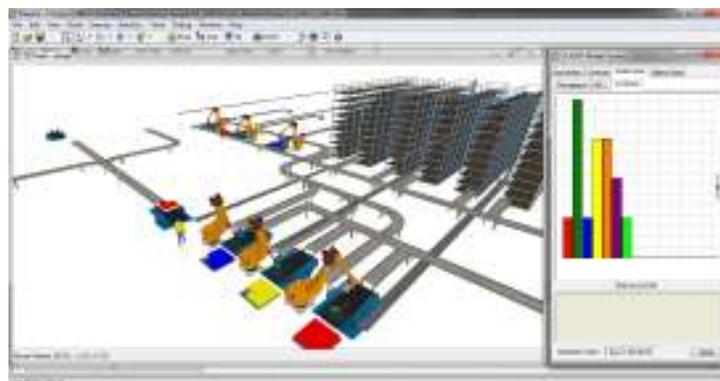


Figura 6. Ejemplo de Animación y Estadísticas en Flexsim

5. Revisar los resultados obtenidos – Los resultados de cada corrida de la simulación pueden visualizarse dinámicamente mientras el modelo está corriendo en tiempo comprimido o en tiempo real (ver Figura 6). Adicionalmente a la animación del modelo los resultados de cada corrida pueden ser analizados y comparados usando una serie de reportes disponibles en el menú de “Reportes y Estadísticas” o usando la aplicación para el manejo de la base de datos llamado Flexsim Chart.

3. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE DMAIC Y LA SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

Son muchas las compañías que utilizan la metodología DMAIC para la mejora de sus procesos. De hecho, de acuerdo a Demirkan (2011) la institucionalización del proceso DMAIC dentro de una organización lleva a desarrollar un gran número de personal con cinturones verdes y negros enfocados en iniciativas de mejora de proceso. Al entrenar a este personal en el uso de simulación de eventos discretos sus capacidades de resolución de problemas mejorarán notablemente ya que podrán usar estas herramientas para modelar y analizar mejor las consecuencias de sus propuestas.

Tradicionalmente se ha considerado que la simulación de eventos discretos es solamente una de muchas otras herramientas usadas en un proyecto de mejora Seis Sigma, particularmente dentro de las fases de Analizar y Mejorar de DMAIC. Sin embargo, la habilidad que la simulación tiene de tomar en cuenta la variabilidad y las interdependencias, de probar muchas soluciones alternativas de forma rápida y fácil, así como de realizar pruebas sin interrumpir procesos existentes hace de la simulación una de las herramientas más importantes para el análisis y mejora de sistemas y por lo tanto un aliado perfecto para DMAIC. Por lo tanto, si el sistema a ser analizado es complejo y dinámico, es un candidato a usar una variación de DMAIC que use simulación. Adicionalmente, si la mejora requiere de un respaldo estadístico debido al largo tiempo y/o alto costo de implementación, entonces es también candidato a usar una variación de DMAIC con simulación para analizar y verificar la mejora.

Haciendo un análisis comparativo de las cinco fases que componen la metodología DMAIC y los siete pasos requeridos para realizar un estudio de simulación, se puede observar que existe bastante congruencia entre ambas herramientas (ver tabla 1). De este rápido análisis se puede observar que la simulación y su correspondiente análisis pueden ser mejor usados en el estudio y diseño del sistema, evaluación de alternativas de mejora y respaldo de los resultados del proceso mejorado

Tabla 1: Las fases DMAIC y su relación con un estudio de simulación

DMAIC	Simulación
1. Definir el problema	1. Formular el problema
2. Medir el desempeño actual	2. Recolectar información y definir supuestos
3. Analizar el sistema y determinar causas	3. Validar el modelo conceptual
4. Mejorar el desempeño del sistema	4. Construir (programar) el modelo
5. Controlar y mantener el desempeño	5. Validar el modelo programado
	6. Diseñar, conducir y analizar experimentos
	7. Documentar y presentar los resultados

Por lo tanto, para sacar mayor provecho de las ventajas de la simulación se propone realizar ciertas modificaciones en el orden y uso de las técnicas y herramientas usadas pero manteniendo la metodología básica DMAIC. Usando como base las cinco fases de DMAIC y correlacionando sus herramientas con los pasos de la simulación de eventos discretos y las herramientas estadísticas necesarias para llevar a cabo un estudio de mejora se desarrolló una propuesta de metodología denominada DMAIC-Sim que consta también de cinco pasos:

1. Identificar y definir el problema que debe resolverse.

El entregable en este paso es el carácter del proyecto definiendo el objetivo, alcances, criterios de éxito y entregables. Este carácter es creado usando como herramientas la voz del cliente (VOC) y lluvia de ideas en conjunto con un diagrama de afinidad para identificar y definir el problema a solucionar siguiendo la metodología DMAIC-Sim. El carácter debe definir bien el objetivo, especificar el alcance y los criterios de éxito del proyecto, así como los entregables finales.

2. Construir un modelo del sistema para medir su desempeño.

El entregable en este paso es el modelo conceptual en términos de un diagrama de flujo de objetos (OFD) del sistema y los correspondientes modelos estadísticos de los datos recolectados. Para su desarrollo es necesario obtener un mapa SIPOC y diagrama de flujo del sistema, así como recolectar y procesar los datos asociados (estructurales, operacionales y numéricos). Para la recolección y procesamiento se requieren de herramientas estadísticas tales como el cálculo del tamaño de muestras de medias y de proporciones. La definición de las distribuciones estadísticas teóricas (pruebas de bondad de ajuste) de los datos numéricos se deben hacer usando el software Expert Fit que viene asociado con Flexsim.

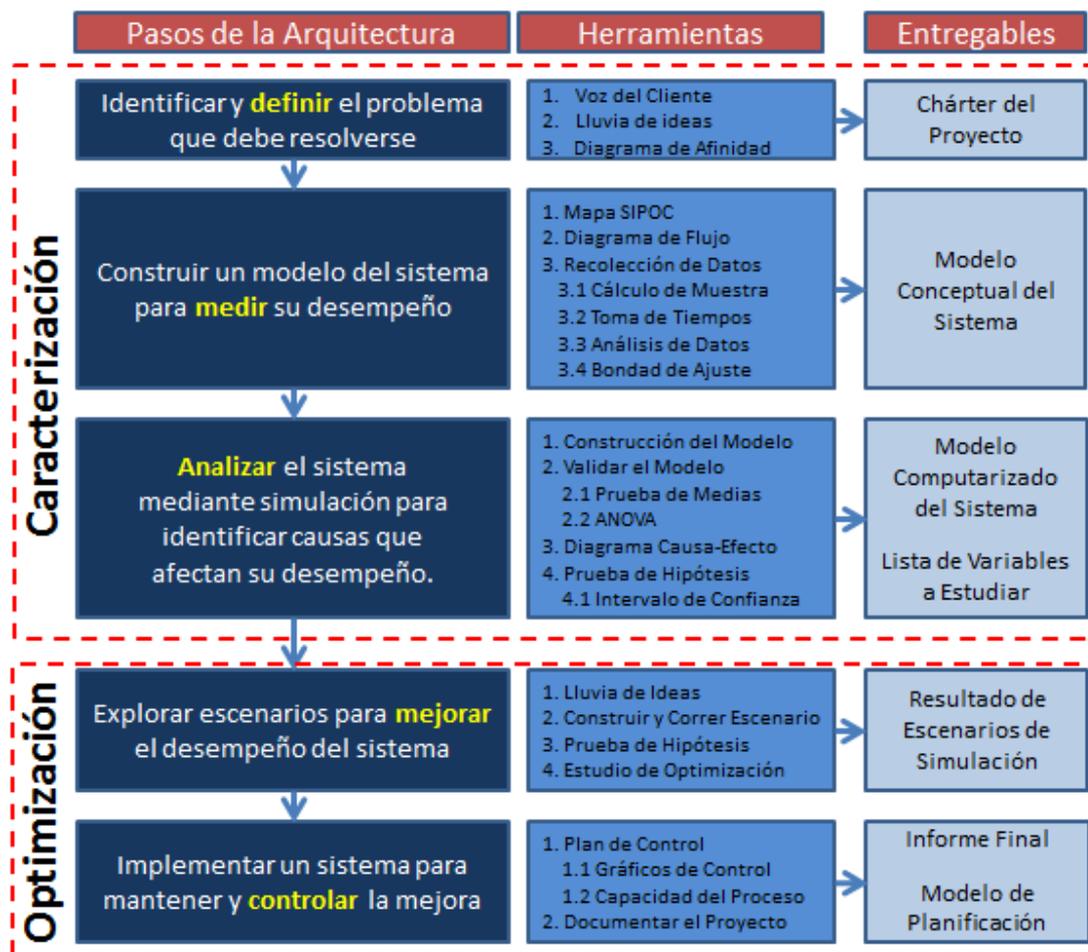


Figura 7. Arquitectura integrada DMAC-Sim

3. Analizar el sistema mediante simulación para identificar causas que afectan su desempeño.

Los entregables en este paso serán el modelo computarizado del sistema (desarrollado en el software Flexsim) y el listado de variables a estudiar. Para esto se requiere construir el modelo al convertir el OFD en un layout de objetos de Flexsim, conectar sus diferentes puertos y editar su aspecto y comportamiento

al agregar los tiempos entre llegadas procesamiento de acuerdo a las distribuciones estadísticas modeladas en el paso anterior. Una vez construido el modelo este debe de validarse usando los resultados de las corridas del modelo y mediante una prueba de hipótesis comparar sus resultados contra los del sistema real. Adicionalmente, para identificar las variables de estudio a investigar se deben realizar diagramas de causa y efecto, así como pruebas de hipótesis dentro del modelo ya validado.

4. Explorar escenarios para mejorar el desempeño del sistema

El entregable de este paso es un informe con los resultados de los escenarios construidos y simulados. Para lograr esto es necesario proponer escenarios a partir de una lluvia de idea de posibles soluciones para el problema bajo estudio. Las mas prometedoras se implementan en el modelo validado y se corren varias replicas del mismo. Para facilitar la corrida de estos experimentos se usa la herramienta Experimenter de Flexsim que permite definir variables, condiciones y restricciones a ser evaluadas en cada escenario con un numero configurable de replicas a realizarse (ver figura 5). Los resultados pueden visualizarse mejor usando otra herramienta llamada Flexsim Chart disponible en el menú “Reportes y Estadísticas” del software. Con los resultados obtenidos se construyen intervalos de confianza a partir de las respuestas obtenidas en las variables de estudio. Los resultados se comparan con las metas establecidas en el carácter del proyecto y usando pruebas de hipótesis se busca ver cual de los escenarios cumple de mejor manera la condición de salida (criterio de éxito) del proyecto.

5. Implementar un sistema para mantener y controlar la mejora

Los entregables en este paso son el informe final del estudio conteniendo las recomendaciones referentes a cual escenario representa la mejor solución al problema y como este debe de implementarse, y un modelo de simulación del sistema construido de forma que pueda convertirse en una herramienta de planificación. El informe debe de contener una propuesta de seguimiento para poder tener bajo control el sistema la cual debería de incluir entre otras, la medición de la capacidad del proceso mediante gráficos de control. Adicionalmente el modelo de simulación construido como herramienta de planificación debe permitir que éste sea alimentado mediante un interfaz con Excel con órdenes reales y poder ser así usado de forma interactiva para manipular la liberación de órdenes y observar el comportamiento del sistema.

En esta arquitectura los pasos 1 al 3 constituyen la caracterización del sistema, es decir identificar el problema a solucionar y definir el sistema a partir del cual se propondrán las mejoras. En los pasos 4 y 5 se realiza la optimización del sistema, es decir la experimentación en el modelo tratando de encontrar la solución optima al problema propuesto. Para facilitar el uso y seguimiento de esta metodología se ha creado una plantilla dinámica que sigue los pasos explicados previamente para que sirva de guía y ayuda para cualquier profesional que quiera usar esta metodología que incorpora simulación con DMAIC para la mejora de algún proceso. La plantilla no es comprensiva de todos las posibles herramientas que pueden usarse, pero si contiene las herramientas mínimas a usarse para ser efectivo. La figura 8 muestra una captura de pantalla de la plantilla dinámica diseñada, y esta puede encontrarse para uso de los interesados en: <https://sites.google.com/site/dmaicsim/>



Figura 8. Captura de pantalla de plantillas para la metodología DMAC-Sim

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de realizar un análisis comparativo entre la metodología DMAIC y los pasos seguidos para desarrollar un modelo de simulación, se ha propuesto una metodología que incorpora ambas herramientas de forma sincronizada para analizar diferentes escenarios en cualquier tipo de sistema que requiera mejora. Esta metodología o arquitectura ha sido denominada DMAIC-SIM y lista cinco pasos a seguir que coinciden con los pasos naturales de DMAIC. Además de estos pasos a seguir, la metodología también lista las herramientas a utilizar y los entregables que se esperan producir en cada uno de estos pasos. Las herramientas han sido seleccionadas de entre las herramientas estadísticas usadas en DMAIC y de aquellas disponibles en el software de simulación Flexsim.

El seguir esta metodología debería de permitir que aquellas personas con entrenamiento en Seis Sigma (green y black belts) puedan incorporar la simulación de eventos discretos de manera decidida a sus estudios de mejora. Igualmente puede beneficiar a aquellas personas que desarrollan estudios de simulación y requieren de una metodología que les asegure un mejor tratamiento de sus variables y seguimiento a las mejoras propuestas. Para llevar a cabo un proyecto exitoso usando esta metodología se espera que el usuario tenga conocimientos de probabilidad y estadística básica, programación lógica básica, administración y habilidades para modelar.

Se recomienda probar la metodología en proyectos de mejora incorporando de esta manera el DMAIC y la simulación de procesos discretos usando las plantillas provistas. Se sugiere que aquellos que decidan usar la metodología y plantilla generen comentarios sobre sus experiencias en el espacio provisto dentro de la página web que aloja la plantilla. Esta retroalimentación será valiosa para validar la metodología y hacer mejoras a la plantilla, de manera que se vuelva más amigable y útil para el usuario.

Se espera en el futuro publicar los resultados del uso de la metodología en proyectos reales de mejora junto con ajustes que se hagan en la metodología y las plantillas basados en la experiencia adquirida.

REFERENCIAS

- Bersbach, P. (2009, Octubre 27). The first step of DMAIC – Define. Recuperado el 20 de Febrero del 2012 de <http://www.sixsigmatrainingconsulting.com/uncategorized/the-first-step-of-dmaic-%E2%80%93-define/>
- Brue, G., (2002). Six Sigma for Managers. McGraw-Hill.
- Dermikan, H., Spoher, J.C., Krishna, V. (2011). Service System Implementation, 1ra edición, Springer.
- Law, A.M. (2009). How to build valid and credible simulation models. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference.
- McCarty, T., Bremer, M., Daniels, L. (2004). Six sigma black belt handbook. McGraw-Hill
- Nordgren, W.B. (2002). Flexsim simulation environment. Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference.
- Sturrock, D.T. (2009). Tips for succesful practice of simulation. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference.
- White, K.P., Ingalls, R.G. (2009). Introduction to simulation. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.

Authorization and Disclaimer

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