

Application of Six Sigma to improve the process of curriculum change in a Higher Education Institution

Nadia Mendieta-Villalba, M.sc¹

¹Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, nmendieta@ups.edu.ec

Abstract— *Six Sigma is a quality management methodology used to improve efficiency and reduce defects in business processes. Its philosophy is based on the idea that processes can be systematically measured, analyzed, and improved to reduce variability and achieve high levels of quality in the production of goods or services. The methodology can be applied to any type of process and organization.*

This article deals with the application of Six Sigma in the process of curriculum change required by university students carried out by research professors of the Industrial Engineering carrier of the Salesian Polytechnic University, Guayaquil, to optimize response times in the management of requests submitted by the students at the beginning of the semester. Currently, the process takes an average of 56 days, and this affects the retention of the students in the institution. The research was field-based, descriptive, and had a quantitative approach based on variables of quantification and measurement. The methodology applied adapted the DMAIC model, which stands for define, measure, analyze, improve and control, to the needs and the procedures of the career, different statistical and quality tools were used at each stage of the model, reducing the process to 45 days, and obtaining an approximate annual savings of US\$ 15,634.00.

The sequence of the process was first to diagnose the initial situation for which statistical data of the students who requested the change of mesh was used, then, the form of measurement was determined using techniques and tools that helped to identify causes for the subsequent analysis of the problems detected, in addition, to the achieve strategic objectives, we worked with performance metrics. Finally, an action plan was drawn up that established the measures to reduce waiting times and costs, the necessary activities, and technological support that provided quality, solution, and control to the problems raised in period 62.

Keywords—Six Sigma, curriculum, DMAIC model, performance metrics, quality.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Aplicación de Six Sigma para la mejora del proceso de cambio de malla curricular en una Institución de Educación Superior

Nadia Mendieta-Villalba, M.sc¹

¹Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, nmendieta@ups.edu.ec

Resumen— Six Sigma es una metodología de gestión de calidad que se utiliza para mejorar la eficiencia y reducir defectos en los procesos empresariales. Su filosofía se basa en la idea de que los procesos se pueden medir, analizar y mejorar de forma sistemática para reducir la variabilidad y alcanzar altos niveles de calidad en la producción de bienes o servicios. La metodología puede ser aplicada a todo tipo de proceso y organización.

El presente artículo trata sobre la aplicación de Six Sigma en el proceso de cambio de malla curricular requerido por estudiantes universitarios realizado por profesores investigadores de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, con la finalidad de optimizar los tiempos de respuesta en la gestión de las solicitudes ingresadas por los alumnos al inicio del semestre. Actualmente el proceso toma un promedio de 56 días y ello afecta en la retención de los estudiantes en la institución. La investigación fue de campo, descriptiva y tuvo un enfoque cuantitativo basado en variables de cuantificación y medición. La metodología aplicada adaptó el modelo DMAIC sigla en inglés que significa definir, medir, analizar, mejorar y controlar, a las necesidades y procedimientos de la carrera, se empleó diferentes herramientas estadísticas y de calidad en cada etapa del modelo reduciendo el proceso a 45 días y obteniendo un ahorro anual aproximado de \$ 15.634,00 dólares.

La secuencia del proceso fue primero diagnosticar la situación inicial para lo cual se utilizó datos estadísticos de los alumnos que solicitaron el cambio de malla, luego, se determinó la forma de medición empleando técnicas y herramientas que ayudaron a identificar causas para el posterior análisis de los problemas detectados, además, para alcanzar objetivos estratégicos se trabajó con métricas de desempeño. Finalmente, se elaboró el plan de acción que estableció las medidas para reducir tiempos de espera y costos, las actividades necesarias y de apoyo tecnológico que dieron calidad, solución y control a la problemática planteada en el período 62.

Palabras clave—Six Sigma, malla curricular, modelo DMAIC, métricas de desempeño, calidad.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las instituciones educativas de nivel superior deben estar actualizadas para poder responder a los cambios en la sociedad, ciencia, tecnología, mercado laboral, etc.

Por un lado, las universidades deben lograr enfrentar los retos de transformación a fin de satisfacer las necesidades y expectativas de los estudiantes a ser futuros profesionales. Por otro lado, la globalización ejerce presión sobre las

universidades, debido a que estas deben ser de calidad, reconocidas a través de la acreditación y mantenerse competitivas.

En la Universidad Politécnica Salesiana “El proceso de evaluación es una cultura institucional en la UPS, que se encuentra estructurada en el accionar cotidiano institucional, sin embargo, requiere un paso más hacia la cultura de mejoramiento continuo de la calidad”. “Si bien la UPS cuenta con políticas, normativa y procedimientos para la admisión, permanencia y conclusión oportuna de la carrera de sus estudiantes, la mejora de las tasas de permanencia y graduación no es notable, y requieren que la Universidad mantenga el esfuerzo que realiza”. Cabe mencionar que, en la UPS, en el detalle de Fortalezas y debilidades el subcriterio de Políticas y Procedimientos tiene un valor del indicador del 86% para el año 2018 [1].

En el ámbito educativo universitario, el proceso de cambio de malla solicitado por alumnos es una tarea compleja y tediosa que implica una serie de pasos y acciones que se deben llevar a cabo de una manera precisa. El proceso dentro de la UPS es una gestión académica que involucra a varios departamentos, dentro y fuera de la ciudad de Guayaquil y a sus funciones. Cabe anotar que cuando un estudiante se ausenta de la universidad por algún tiempo y luego retoma sus estudios consecuentemente debe cambiarse a la malla curricular vigente, por lo cual, se inicia un proceso de homologación de materias por análisis comparativo de contenidos y en ocasiones la falta de claridad deriva errores y demoras. Esta problemática genera insatisfacción al estudiante, voz del cliente externo, causándole una experiencia académica negativa, que termina en descontento. Se ha evidenciado algunos comentarios de la no conformidad de alumnos durante las evaluaciones semestrales que se realizan con el director de carrera en el período 62 porque el estudiante desea rapidez y retroalimentación efectiva del proceso para evitar la interrupción de sus estudios.

En el presente artículo se elabora una propuesta de implementación de la metodología Six Sigma al proceso de cambio de malla curricular de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, a fin de determinar mejoras en las áreas críticas del proceso y proponer soluciones efectivas que optimicen su eficiencia y efectividad.

II. ANTECEDENTES DEL SIX SIGMA

El Six Sigma es un método que nació de la evolución de los sistemas de calidad a través del desarrollo de la gestión por la calidad total. La empresa Motorola en la década de 1980 había perdido competitividad, tenía una calidad baja y su futuro no era prometedor. Por ello, Bob Galvin, director ejecutivo, ordenó a sus subordinados mejorar el nivel de calidad. Entonces, la calidad aumentó de forma significativa llegando a alcanzar, entre otros, el nivel Six Sigma o sea 3,4 defectos por millón oportunidades de los productos o servicios, encaminándose simultáneamente a mejorar eficacia y eficiencia. Entonces, el Six Sigma se definió como una medida de satisfacción del cliente que está cercana a la perfección y que fue adoptada como una filosofía gerencial. Ingenieros de la empresa, involucrados en este estudio, en especial Mikel Harry, sugirieron a Galvin que no utilice el promedio como una forma de evaluación al desempeño general, sino más bien a la desviación estándar, puesto que esta representaba la variación de un conjunto de datos con respecto a su media, lo cual era un parámetro mucho más revelador cuando se medía la calidad de los productos [2]. Después, entre los años 1981 y 1987, en Estados Unidos Malcom Baldrige fue secretario de Comercio y le propuso al presidente Ronald Reagan establecer en el país un premio nacional de calidad. A la muerte de Baldrige el galardón se llamó Malcom Baldrige National Quality Award y Motorola lo recibió en 1988 por llevar algunos procesos hasta el nivel de calidad de Six Sigma. En el año 2010 el galardón se convirtió en el Baldrige Performance, Excellence Program. Luego, algunas empresas tales como: General Electric, Lockheed Martin, Texas Instruments o Honeywell continuaron con el ejemplo de Motorola y comenzaron a capacitar a su personal respecto a la obtención de una industria más eficiente y productiva. Jack Welch, de General Electric, afirmó que Six Sigma es un programa de calidad que mejora la experiencia de los clientes, reduce costos y crea mejores líderes [2].

En la actualidad Six Sigma se aplica para establecer la uniformidad en los procesos de las organizaciones con el propósito de disminuir la cantidad de variaciones del producto final [3]. Utilizando Six Sigma se minimizan los defectos de un producto y su meta es hacer a la compañía más eficaz y eficiente, siendo eficaz el grado en el cual una organización satisface o supera los requisitos de sus clientes y la eficiencia los recursos que se consume para alcanzar esa eficacia.

La filosofía de Six Sigma indica que en todos los procesos se puede definir, medir, analizar, mejorar y controlar ello es conocido como el método DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). De acuerdo con Six Sigma en los procesos hay entradas y salidas, las entradas son acciones que el grupo de trabajo lleva a cabo y las salidas son los efectos de esas acciones. La idea principal es que si se puede controlar el mayor número de entradas o acciones entonces se controlarán las salidas [3].

Algunos expertos creen que cuando una empresa posee un residuo que alcanza el 10%, ello podría reducir hasta un 40%

de la capacidad de dicha empresa, por esto, la velocidad (Lean) y la calidad (Six Sigma) son consideradas las caras opuestas de una misma moneda. En el presente, las empresas ágiles requieren de una metodología basada en la mejora y recursos que reduzcan los defectos, mejoren la velocidad de entrega y así puedan lograr aumentar la satisfacción del cliente [2]. Actualmente, el enfoque Lean Six Sigma es una metodología que puede ser utilizada en diversas áreas como en el caso de la sismología para disminuir la vulnerabilidad de una población frente a un terremoto [4].

En lo que respecta al área educativa, por un lado, hoy en día la metodología Six Sigma ha sido implementada en las instituciones de estudios superiores (IES). Se descubrió que las razones más importantes para su implementación fueron reducir costos de la gestión de calidad educativa, responder a la alta competencia, mejorar eficiencia y efectividad de procesos académicos y administrativos, incrementar la satisfacción de partes interesadas y responder a reducción de presupuestos [5].

Por otro lado, la metodología Six Sigma es un método táctico que se debe implementar a mediano y largo plazo, por lo tanto, se requiere que la universidad o institución de educación superior capacite y enseñe a sus empleados y usuarios, con el propósito de mantener la calidad y el desempeño de sus procesos durante el tiempo requerido [6].

III. LA METODOLOGÍA SIX SIGMA DMAIC

Después de la selección de un proyecto, los cinco pasos de la metodología DMAIC son:

Definir: Es el primer paso en donde se define el problema con claridad, se lo describe en términos operativos con el objeto de facilitar un análisis posterior. En este proceso se profundiza para llegar a un enunciado más específico del problema, en ocasiones se conoce como alcance del proyecto [7]. Además, un buen enunciado del problema debería identificar a los problemas críticos para la calidad es decir aquellos que poseen un mayor impacto en el desempeño del producto o del servicio, también explicar el actual nivel de desempeño, la naturaleza de los errores, las quejas de los clientes, mediciones de desempeño relacionadas, mejores estándares de desempeño, cálculos de implicaciones costo/beneficio del proyecto y cuantificación del nivel esperado de desempeño. Es decir, la fase definir debe especificar los temas de administración de proyectos en que se debe hacer, por quién y cuándo [7].

Medir: Esta etapa del proceso DMAIC se enfoca en cómo medir los procesos internos que tienen impacto en los problemas críticos para la calidad. Se requiere entender las relaciones causales entre el desempeño de los procesos y el valor para el cliente. No obstante, una vez que se comprenden, es necesario definir e implementar los procedimientos para reunir y recopilar los datos adecuados, se debe observar y escuchar con atención. Tanto la información de los procesos y prácticas de producción existentes como la retroalimentación

V. METODOLOGÍA

de los supervisores, trabajadores, clientes y empleados de servicio que en el campo normalmente proporcionan una información importante [7].

Analizar: Una falla importante en la solución de problemas es que en ocasiones no se da la suficiente atención y no se realiza un estudio detallado, es decir, se pretende obtener una solución sin comprender detenidamente la naturaleza del problema e identificar las causas de porqué ocurre. En la etapa de análisis, es necesario conocer las variables claves que ocasionan errores y variaciones excesivas, luego se encuentra la condición precisa que causa el defecto, después, este defecto es corregido y evitado en el producto o servicio, de manera que no se repita durante el proceso. Se formulan hipótesis para investigar, recopilar datos, analizarlos y obtener resultados concluyentes que deben ser verificados estadísticamente [7].

Mejorar: Cuando se comprende cual es la causa raíz de un problema, el analista requiere sugerir ideas para eliminarlo y lograr mejorar los indicadores de desempeño. Cabe mencionar que esta etapa de recopilación de ideas es una actividad bastante creativa, puesto muchas soluciones no son fáciles de generar. También, en ocasiones las personas muestran temor al proponerlas por parecer absurdas. Luego de proponer una serie de ideas, es necesario evaluarlas y elegir las más prometedoras. Para implementar una solución de forma eficaz, se requiere delegar la responsabilidad a una persona o grupo quienes elaborarán un seguimiento de qué se debe hacer, dónde se va a hacer, cuándo se hará y cómo se hará [7].

Controlar: La fase de control se orienta hacia cómo mantener las mejoras, lo que incluye contar con las herramientas para asegurar que las variables clave continúen dentro de los rangos máximos aceptables del proceso modificado. Las mejoras pueden indicar el establecimiento de nuevas reglas y procedimientos, la capacitación del personal y el establecimiento de controles que confirmen que las mejoras no se perderán con el tiempo. Los controles se pueden aplicar con el uso de listas de verificación, revisiones periódicas de las condiciones a fin de verificar que se continua con los procedimientos adecuados, también se pueden utilizar diagramas de control de los procesos estadísticos para monitorear el desempeño de los indicadores clave [7].

IV. VARIABLES ALEATORIAS

Una variable aleatoria es una función que asigna un número a cada suceso elemental de un experimento aleatorio. Las variables aleatorias se clasifican en discretas y continuas. Una variable discreta solo puede tomar valores numéricos aislados (fijados dos consecutivos, no puede existir ninguno intermedio). Una variable continua puede tomar cualquier valor numérico dentro de un intervalo, de modo que entre cualesquiera dos de ellos siempre existe otro posible valor [8]. Minitab es el software aplicado principalmente en el tratamiento de las variables e información generada en el desarrollo de proyectos basados en la metodología Six Sigma [9].

La metodología Six Sigma se presenta como una herramienta efectiva para abordar y solucionar el problema de demora en el proceso de cambio de malla curricular.

Los pasos que se efectuaron para la aplicación se ajustaron de la siguiente forma: En la etapa definir se identificaron los problemas principales y las deficiencias relacionadas al proceso para poder establecer objetivos y metas para la mejora. Luego, en la etapa medir se recolectaron los datos y se hizo un análisis estadístico que permitiese comprender la variabilidad y demora del proceso. En la etapa analizar se utilizaron varias herramientas para identificar las causas raíz de los problemas. Se implementó soluciones y medidas correctivas en la etapa mejorar para evitar y disminuir errores. Finalmente, en la etapa controlar se desarrolló un sistema de seguimiento para monitorear el proceso.

A continuación, se expone en la Tabla I la propuesta de desarrollo del proyecto de cambio de malla curricular. Las etapas asociadas a la aplicación de la metodología Six Sigma DMAIC, que se empleó para llevar a cabo el objetivo del presente artículo junto con las herramientas y resultados esperados.

TABLA I
PROPUESTA DE DESARROLLO DEL PROYECTO

Fase	Herramienta	Resultado
Definir	Partes Interesadas	Identificación de las partes interesadas en el proyecto de innovación o resistencia
	Herramienta Diagrama SIPOC	Se establecieron ideas de mejora, área de impacto y responsable
	Técnica de Parquedero de ideas	Se tiene una visión clara y Detallada del proceso.
Medir	Técnica de Mapeo	Flujo de trabajo.
	Técnica de Plan de Recolección de datos	Extracción de datos del sistema de solicitudes en línea y se estableció el tipo de variables y la manera cómo se medirían.
	Matriz Priorización de Variables	Se clasificó las variables de salida y de entrada, se establecieron valores de ponderación alta y baja

	Diagrama Causa Efecto	Se encontró las causas raíz que están generando defectos y bajo rendimiento en la salida del proceso
Analizar	Técnica de Diagrama de Pareto	Se graficó los defectos del proceso que más se repiten y que deben ser solucionados
	Gráficos Minitab	Se graficó los tiempos en días para el informe de Homologación, aprobación del Rector y Matrícula
Mejorar	Lista de chequeo Scamper	Se generaron ideas para que el equipo de trabajo haga mejor un producto o servicio
	Técnica Relación Costo Beneficio	Se hace un cálculo de la relación costo beneficio del proyecto
	Plan de Implementación	Se lleva un control de avances de los planes de acción a ejecutar.
Controlar	Técnica de Indicadores Propuestos	Se crearon métricas claves para controlar el proceso y mantener mejoras.

VI. RESULTADOS

Después de presentar la propuesta de desarrollo del proyecto de cambio de malla curricular, planteado con el propósito de disminuir el tiempo de duración del proceso, fueron desarrollados y aplicados los cinco pasos de la metodología DMAIC y se obtuvo los siguientes resultados en cada etapa:

A. Paso 1: Definir

El primer paso fue identificar las partes interesadas que tienen predilección por innovar el proyecto o resistencia a ejecutarlo y que ejercen influencia en la institución educativa ya sea interna o externamente. Ver Tabla II.

Como se sabe el proceso de cambio de malla inicia con la solicitud del estudiante y finaliza con la aprobación o rechazo de la solicitud. Para tener una visión clara y detallada de cómo se realiza el proceso se utilizó la herramienta diagrama SIPOC, sigla en inglés, que significa proveedor (suppliers), entradas (inputs), proceso (process), salidas (outputs) y clientes (customers). Ver Fig. 1.

TABLA II
PARTES INTERESADAS

Parte Interesada Rol en la empresa	Poder/Influencia	Impacto del Proyecto sobre la parte interesada	Razones para la resistencia o soporte
<i>Destinatario</i>	D	Alto	
<i>Director de Carrera</i>	B	Medio	
<i>Secretaria de Carrera</i>	D	Bajo	Temor a más carga de trabajo
<i>Docente Responsable de homologación</i>	D	Bajo	Temor a más carga de trabajo
<i>Coordinador Académico</i>	C	Alto	
<i>Vicerrector Académico</i>	A	Alto	
<i>Rector</i>	A	Alto	

El Poder de Influencia puede ser A, B, C, D. De mayor a menor. Se coloca qué tanto impactó el proyecto a esta persona: alto, medio, bajo.

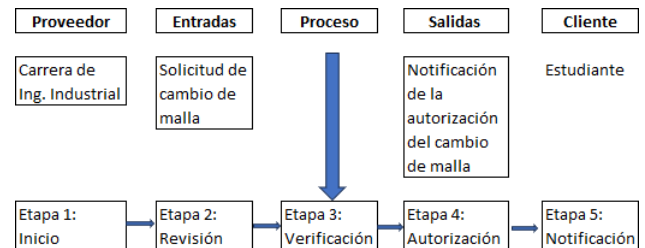


Fig. 1. Herramienta Diagrama SIPOC. Proceso de cambio de malla curricular.

Una vez planteada la problemática del cambio de malla curricular se identificó las deficiencias asociadas al proceso y utilizando la técnica del Parqueadero de ideas se establecieron ideas de mejora, lo cual creó un ambiente colaborativo entre los participantes. Las ideas fueron aportadas, analizadas y evaluadas. Se estableció el área de impacto y responsable, para cada idea. Finalmente, se seleccionó las ideas más prometedoras para su desarrollo e implementación. Ver la Tabla III.

TABLA III
PARQUEADERO DE IDEAS

Ideas de mejora o Problemas adicionales	Área de Impacto	Responsable
Establecer indicadores de tiempo para cada actividad del proceso	Dirección de Carrera	Director de Carrera
Reducir los entes de verificación	Vicerrectorado	Vicerrector Académico
Mejorar los mecanismos de retroalimentación al estudiante en cada paso del proceso	Secretaría de Carrera	Secretaria de Carrera

Los tiempos empleados para la Coordinación Académica, Vicerrectorado y Rectorado, no pueden ser limitados por la carrera de Ingeniería Industrial.

B. Paso 2: Medir

En la medición del problema, con el propósito de comprender el funcionamiento del proceso que se lleva a cabo para el cambio de malla curricular solicitado por los alumnos, se aplicó la técnica del mapeo que consistió en una representación clara y comprensible del flujo de trabajo, elaborada por el equipo de docentes y personal administrativo involucrado en el proceso, con la cual se pudo analizar el proceso completo desde la perspectiva del estudiante, dando un promedio aproximado de 56 días de duración, Fig.2.

El proceso empieza con la etapa 1 de inicio en la que el estudiante ingresa la solicitud del cambio de malla a la secretaría, luego, la Dirección de Carrera reasigna la solicitud, que corresponde a la etapa 2 de revisión, al docente responsable, después, el docente responsable de la homologación hace la revisión y elabora el informe respectivo. Posteriormente, en la etapa 3 de verificación, el coordinador académico verifica, evalúa, acepta el requerimiento y da su visto bueno. Siguiendo el proceso, el coordinador envía al vicerrectorado académico la documentación para que este emita el oficio de aprobación o rechazo de la solicitud al rector. Después, el rector da la autorización, siendo esta la etapa 4. Finalmente, se notifica al vicerrector, coordinador y al estudiante para que se proceda con la respectiva matrícula para el siguiente periodo a ser cursado por el estudiante.

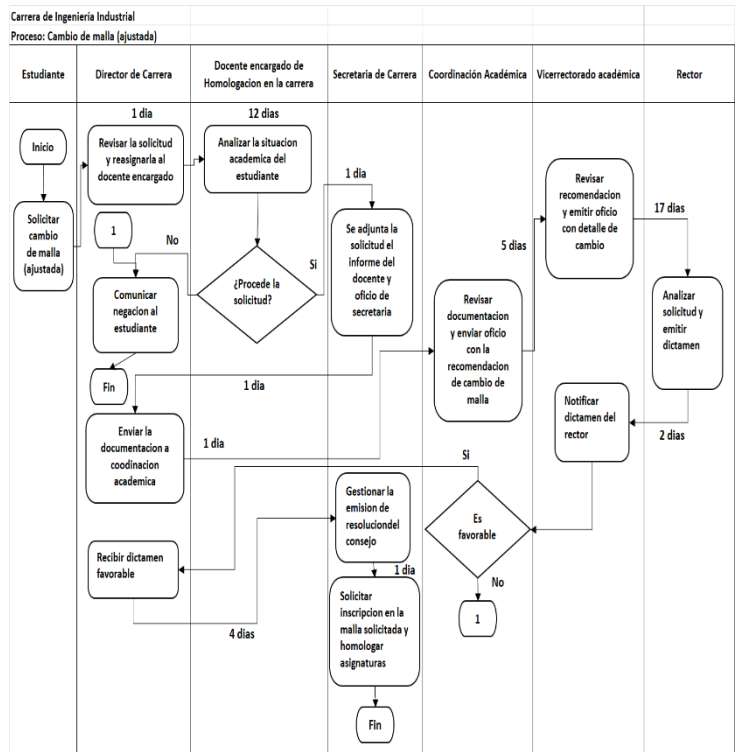


Fig. 2. Mapeo del proceso cambio de malla curricular.

Lo siguiente fue definir las variables que se iban a medir, su tipo y la manera de cómo se lo haría. Para ello, se utilizó la técnica de Plan de Recolección de Datos. En Tabla IV se observan los datos extraídos del sistema de solicitudes en línea de manera automática obteniendo un reporte consistente.

TABLA IV
PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Variables a medir	Tipo de variable	Cómo va a medirlo
-Tiempo de ejecución de proceso	Continua	Semanalmente
-Número de solicitudes de cambio de malla	Discreta	Semestralmente
-Número de solicitudes rechazadas	Discreta	Semestralmente

La estratificación de la variable tiempo de ejecución del proceso se hizo por actividad y los datos se guardaron en una carpeta compartida institucional de la carrera.

Además, en la fase medir, se empleó el formato de Matriz Priorización de Variables el cual permitió clasificar a las variables de salida y de entrada. Luego, se organizó a todas las variables que debían ser medidas, sobre todo las que más impactaban la salida del proceso. Finalmente, se determinó la importancia de las variables a través de valores respecto a su ponderación y relación entre variables de salida y de entrada como se muestra en Tabla V.

TABLA V
MATRIZ PRIORIZACIÓN DE VARIABLES

	Variables de salida	Tiempo del trámite de la solicitud	Número de notificaciones por estudiante	Informe de solicitudes aprobadas	Total
	Ponderación	9	5	5	
<i>Variables de salida</i>	Tiempo de Ejecución (secretaria)	9	5	5	131
	Tiempo de Ejecución (Directora de carrera)	9	9	9	171
	Tiempo de Ejecución (docente/homologación)	9	1	1	91
	Tiempo de Ejecución (rectorado)	9	1	9	131
	Tiempo de Ejecución (coordinación académica)	9	5	9	151
	Tiempo de Ejecución (Vicerrectorado académico)	9	5	9	151
<i>Variables de entrada</i>	Cantidad de solicitudes	9	5	5	131

Valores 9 alta relación / alta ponderación
5 media relación / baja ponderación
1 baja relación / baja ponderación

C. Paso 3: Analizar

Utilizando los resultados de las etapas anteriores y empleando la herramienta de diagrama causa-efecto, fueron identificadas las causas que originan la deficiencia en

los factores involucrados en el sistema, tales como: maquinaria, medio ambiente, mano de obra, materia prima y métodos.

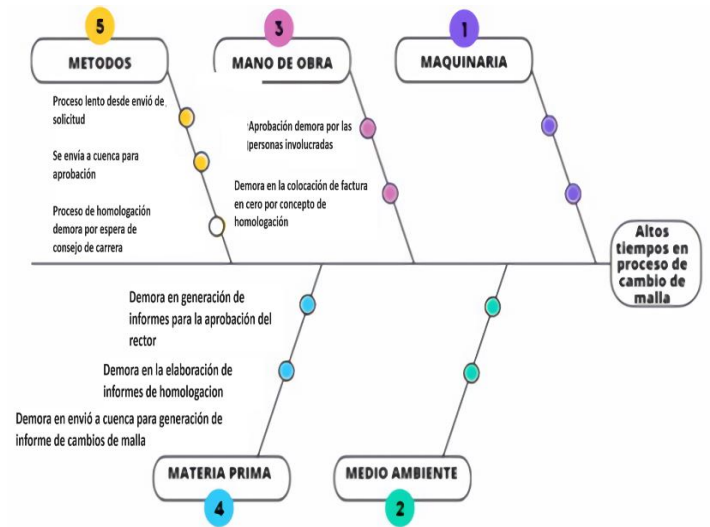


Fig. 3. Diagrama Causa-Efecto. Proceso de cambio de malla curricular.

La Fig. 3 indica la existencia de demora en las aprobaciones por parte de las personas involucradas en el proceso, específicamente en la generación de informes. Se determinó que el proceso es lento desde el envío de la solicitud, añadiendo la homologación requiere de la espera para las reuniones de Consejos de Carrera, además, existe pérdida de tiempo por el envío de los documentos a Cuenca, ciudad sede de la UPS para la aprobación del rector.

Posteriormente, en la etapa de análisis se utilizó la técnica del Diagrama de Pareto, como se muestra en Tabla VI, para tener claridad respecto a los defectos que más se repiten en el proceso, es decir, los problemas más importantes los cuales fueron organizados de mayor a menor. También, se calculó el acumulativo de los defectos en porcentaje y el porcentaje de cada uno de los defectos. En la Fig. 4 se ilustra los porcentajes de casa defecto. Esta técnica también es llamada Regla 80/20, donde el 80% de los problemas provienen del 20% de las causas.

TABLA VI
DEFECTOS POR FASE ORDENADOS DE MAYOR A MENOR

Defecto	# tiempo	Porcentaje acumulado	% por defecto
Fase 2 Informe de Homologación	689	52,9	52,9
Fase 1 Informe Coordinador	298	75,7	22,9
Fase 4 Matrícula	193	90,6	14,8
Fase 3 Aprobación del	123	100,0	9,4
Total	1303		100,0

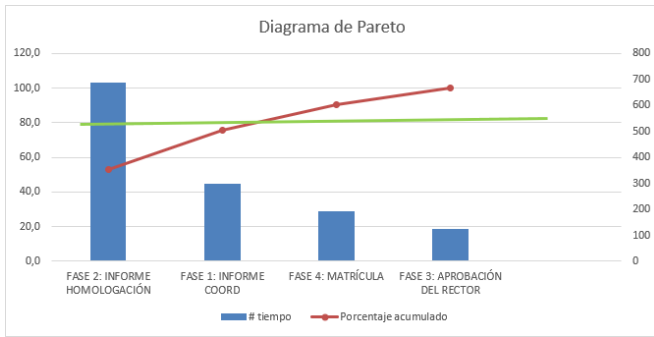


Fig. 4. Diagrama de Pareto del proceso de cambio de malla curricular

A continuación, se presentan los gráficos Minitab en las figuras No. 5, 6 y 7. La Fig. 5 indica el tiempo en días que se toma la elaboración del informe de homologación; la Fig. 6 expone el tiempo de aprobación del Rector y finalmente se ilustra en la Fig. 7 el tiempo de matrícula.

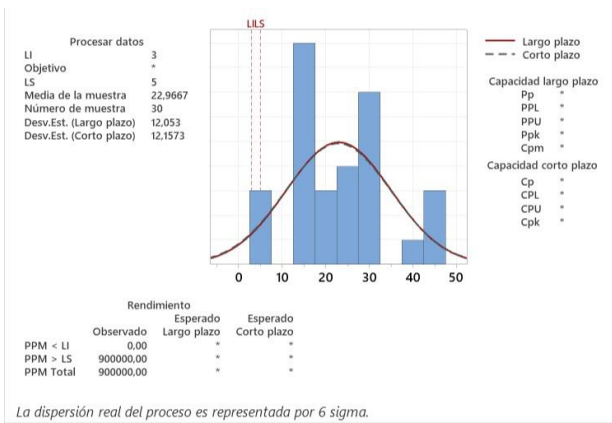


Fig. 7. Tiempo de Matrícula

La Fig. 7 muestra que el tiempo que demora la fase de Tiempo de Matriculación está fuera de los límites normales establecidos, siendo la media 6,4 días, la desviación estándar 5,8 días.

D. Paso 4: Mejorar

En el paso mejorar se aplicó la herramienta llamada lista de chequeo SCAMPER, que se presenta en la Tabla VII, la cual guio al grupo de trabajo a través de una serie de preguntas concretas que permitió la generación de puntos de vista e ideas creativas.

Fig. 5. Tiempo del Informe de Homologación

La Fig. 5 muestra que el tiempo que demora la fase de informe de homologación está fuera de los límites normales establecidos, siendo la media 23 días y la desviación estándar 12 días.

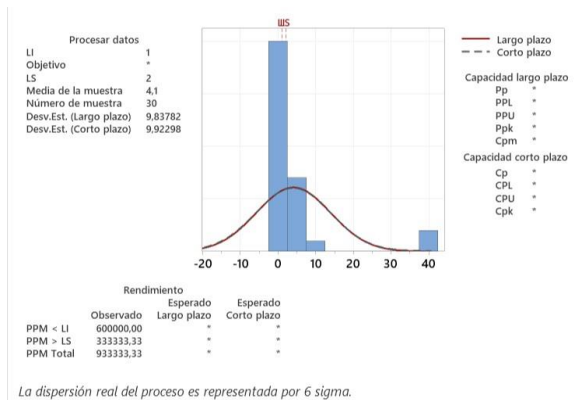


Fig. 6. Tiempo de Aprobación del Rector

TABLA VII
LISTA DE CHEQUEO SCAMPER

Concepto	Pregunta de Referencia	Idea
<i>Sustituir</i>	¿Qué puedo sustituir para hacer una mejora?	Informe de homologación de cada solicitud presentada por el estudiante y hacer que el sistema presente una plantilla que parametrize las condiciones y materias a homologarse.
<i>Combinar</i>	¿Qué materiales, características, personas, productos o componentes puedo combinar?	Solicitudes emitidas por los estudiantes y el análisis de la situación académica que realiza el docente responsable de homologación
<i>Adaptar</i>	¿Qué parte del producto podríamos cambiar?	Las aprobaciones realizadas por cada área involucrada sean digitales para que sean entregadas en menos tiempo y que se utilice firma electrónica.
<i>Modificar</i>	¿Qué sucede si	Las actividades manuales para que

	modificamos el proceso de alguna manera?	sean automatizadas	Relación Costo Beneficio	\$15.634	\$3.848
<i>Poner en otro uso</i>	¿Qué otro mercado podría utilizar este producto?	Se podría extender la aplicación para homologación de las mallas que provienen de otras universidades.	Indicador C/B	8,35	3,27
<i>Eliminar</i>	¿Qué podría pasar si remuevo un componente o parte de este?	Eliminar el informe de homologación que realiza el docente responsable y que el sistema lo realice.			
<i>Reversa</i>	¿Qué pasaría si lo hiciera en otro orden?	N/A			

La técnica Relación Costo Beneficio se realizó con el propósito de hacer un cálculo de la relación con respecto al proyecto y considerar si la implementación del plan de acción tendría un balance positivo. La Tabla VIII describe todos los costos del proyecto para los primeros cuatro meses antes de la ejecución del proyecto y los que aparecieron luego de la implementación de la mejora en un tiempo de 12 meses. También, se hizo el cálculo de la relación Costo Beneficio resultando un proyecto viable económicamente puesto que se obtuvo un valor mayor a 1. Cabe mencionar que para valores menores a 1 no es recomendable implementar un plan de acción. Adicionalmente, se tomó en cuenta el costo de VPN (Virtual Protocol Network) considerando un 12% de los costos totales.

TABLE VIII
RELACIÓN COSTO BENEFICIO

Concepto Rol en la empresa	Antes	Después	VPN (12%)
Costos del Proyecto:			
<i>Mano de obra</i>	\$1.440		
<i>Materiales</i>	\$ 110		
<i>Otros</i>	\$ 0		
Gastos del Proyecto:			
<i>Mano de obra</i>	\$ 576		
<i>Viajes</i>	\$ 0		
<i>Maquinaria</i>	\$ 0		
<i>Software</i>	\$ 0		
<i>Otros</i>	\$ 0		
Total costos+ Gastos	\$2.126		\$1.695
Beneficios:			
<i>Mano de obra</i>		\$1.800	
<i>Desarrollo de automatización de software</i>		\$1.400	
<i>Disminución de tiempos</i>		\$1.260	
<i>Disminuir reprocesos</i>		\$0	
<i>Servicios</i>		\$0	
<i>Otros</i>		\$13.300	
Total Beneficios		\$17.760	\$5.543

TABLE IX
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN AÑO 2023

Acción de Mejora	Prioridad	Fecha Mes/día	Avance	Responsable	Comentario
<i>-Crear una Plantilla para los Procesos de Homologación</i>	Alta	Inicio 7/18 Fin 7/19	100%	Ingeniero 1	Está creada la plantilla
<i>-Automatizar el proceso de homologación, que los documentos se carguen en línea</i>	Media	Inicio 7/19 Fin 9/15	100%	Ingeniero 2	Se hizo la creación en el área de sistemas y se cargan los documentos en línea
<i>-Unificar el informe de autorización de cambio de malla que realizar coordinación académica y el responsable de homologación en carrera</i>	Baja	Inicio 7/20 Fin 8/31	100%	Director de la Carrera	informa en línea en función de la unificación de informes

E. Paso 5: Controlar

En la Tabla X se exponen los indicadores establecidos que permitirán evaluar el proceso y permitirán la continuidad de la mejora a lo largo del tiempo.

TABLA X
INDICADORES PROPUESTOS

Indicador	Objetivo	Métrica
Porcentaje de número de solicitudes aprobadas	Llevar el control de las solicitudes aprobadas de cambio de malla	$\frac{\text{Número de solicitudes aprobadas}}{\text{Total de solicitudes del proceso}} \times 100$
Tiempo real de respuesta del proceso	Llevar el control del tiempo real de respuesta de cada solicitud aprobada	$\frac{\text{Tiempo real de respuesta}}{\text{Tiempo promedio de respuesta}} \times 100$
Reducción real de costo del proceso	Llevar el control del costo real del proceso de cada solicitud aprobada	$\frac{\text{Costo real del proceso}}{\text{Costo promedio del proceso}} \times 100$
Porcentaje de capacitación del personal	Llevar el control de docentes capacitados para el proceso	$\frac{\text{Número docentes aprobados}}{\text{Número total de docentes}} \times 100$
Porcentaje de Retención de estudiantes	Llevar el control del número de alumnos que continúan en la universidad después del cambio de malla	$\frac{\text{Número de alumnos que continúan}}{\text{Número de alumnos que cambiaron malla}} \times 100$

CONCLUSIÓN

La aplicación de la metodología Six Sigma en el proceso de cambio de malla curricular permitió identificar y eliminar las causas raíz de las demoras. Respecto a la optimización del proceso se logró reducir la variabilidad disminuyendo de 56 días que tomaba el proceso a 45 días con un ahorro de \$ 15.634,00 por año, mejorando de esta manera la eficiencia en términos financieros y calidad.

El tiempo de respuesta del proceso original afectaba la retención de estudiantes en la institución educativa. La reducción del tiempo a 45 días podría tener un impacto positivo en la retención, al disminuir la preocupación de los alumnos y contando con un plazo más corto en la gestión.

El plan de implementación y las medidas de control son esenciales para asegurar que las mejoras del proceso puedan ser sostenibles a lo largo del tiempo.

Se sugiere evaluar de forma periódica al proceso para garantizar eficiencia y efectividad. También, se recomienda implementar la metodología Six Sigma en otros procesos de la universidad, previo a la capacitación del personal involucrado, a fin de mejorar la satisfacción del cliente, reducir errores y tomar decisiones basadas en datos estadísticos.

Cada institución educativa tiene sus propias políticas y procedimientos en el proceso de cambio de malla curricular, por lo cual, es relevante aplicar las directrices particulares con

la orientación de un asesor académico para evitar tiempos improductivos.

RECONOCIMIENTO

Esta investigación se llevó a cabo gracias a la participación de los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana UPS de Ingeniería Industrial, sede Guayaquil, pertenecientes al Grupo de Investigación Interdisciplinar en Matemática Aplicada GIIMA.

REFERENCIAS

- [1] Universidad Politécnica Salesiana UPS, “Resumen del Informe de Autoevaluación Institucional 2018.pdf,” 2018. https://www.ups.edu.ec/transparencia?folderId=data_zJFHZEYPq1LX_plus_SI9G4IA6A%3D%3D
- [2] L. Socconini and C. Reato, *Lean Six Sigma Sistema de Gestión para liderar empresas*, Marge Book. 2019. [Online]. Available: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/ereader/bibliotecausp/117568>
- [3] S. Laoyan, “Six Sigma: todo lo que necesitas saber sobre esta metodología de mejora de procesos,” 2022. <https://asana.com/es/resources/six-sigma> (accessed Nov. 14, 2023).
- [4] D. Caamaño and N. Mendieta, “Lean Six Sigma Aplicado a la Reducción de Riesgos Sísmicos. Caso de Estudio en Ecuador,” Montego Bay, Jamaica: 17th LACCEI International Multi- Conference for Engineering, Education, and Technology, LACCEI 2019. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2019. [Online]. Available: <https://pure.ups.edu.ec/publications/lean-six-sigma-aplicado-a-la-reduccion-de-riesgos-sismicos-caso-d>
- [5] D. R. Guerrero Moreno, J. A. Silva Leal, and C. C. Bocanegra- Herrera, “Revisión de la implementación de lean six sigma en instituciones de educación superior,” *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol.27, no. 4, pp. 652–667, 2019.
- [6] C. C. Rodríguez-Mera, M. A.; Guerrero-Moreno, D.; García- Jimenez, J.C.; Peña-Montoya, “Aplicación de Lean Six Sigma para la mejora del proceso de trabajos de grado en una Institución de Educación Superior,” *Sci. Tech.*, vol. 28, no. 02, pp. 73–85, 2023, [Online]. Available: <https://ojs2.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/24773>
- [7] W. Evans, James; Lindsay, *Administración y Control de la Calidad*, 7a. Mexico D. F., 2008.
- [8] J. Marín, “Tema 5. Variables Aleatorias Discretas,” *Universidad de Murcia. Opencourseware*. <https://www.um.es/documents/4874468/11785083/tema-5.pdf/b68602ee-ddb4-49fd-9679-56d029769c4c> (accessed Dec. 14, 2023).
- [9] T. Rojas, J. Mula and R. Sanchis. Quantitative modelling approaches for lean manufacturing under uncertainty, *International Journal of Production Research*, 2023 DOI: 10.1080/00207543.2023.2293138. Article in Press