

Aplicación de Lean Six Sigma para la mejora del proceso de trabajos de grado en una Institución de Educación Superior

Applying Lean Six Sigma for the improvement of the degree work process in a Higher Education Institution

M.A. Rodríguez-Mera  ; D. Guerrero-Moreno  ; J.C. García-Jimenez  ; C.C. Peña- Montoya 

DOI: <https://doi.org/10.22517/23447214.24773>

Artículo de investigación científica y tecnológica

Abstract—Despite the advances in the implementation of improvement projects in Higher Education Institutions (HEIs), these have been carried out without following a general specific model that defines a clear procedure for their subsequent implementation in this type of organizations, which differs from industries where the Lean Six Sigma (LSS) methodology was created. The HEI have the degree work process to issue the certificate of the library, but this process is taking longer than expected. For this reason, the present research aims to design the improvement project through the LSS model for the aforementioned process. Applying this methodology, it was possible to diagnose the current state of the process, as well as to identify the needs of the interested parties. Finally, an action plan was proposed that would allow continuous improvement of the process aligned to provide quality, effectiveness and service to the process. From the application of these strategies, it is expected to reduce the delivery time of the process by up to 54%, increasing the Value-Added indicator from 8% to 17% and increasing the First Pass Yield index by up to 40%.

Index Terms— Continuous improvement strategies; DMAIC; Higher Education Institutions, Lean six sigma.

Resumen— A pesar de los avances en la implementación de proyectos de mejora en Instituciones de Educación Superior (IES), estos se han realizado sin seguir un modelo específico general que defina un procedimiento claro para su implementación exitosa en este tipo de organizaciones, que difieren de las industrias en donde fue creada la metodología Lean Six Sigma (LSS). Las IES tienen diferentes procesos cómo el de revisión de trabajos de grado para otorgar el paz y salvo de biblioteca, el cual está tardando más de lo esperado. Por tal razón, la presente investigación tiene como objetivo diseñar el proyecto de mejora a través del modelo LSS para el proceso mencionado. A partir de la aplicación de esta metodología, se logró diagnosticar el estado actual del proceso, así mismo, identificar las necesidades de los interesados. Finalmente, se propuso un plan de acción que permitiera el mejoramiento continuo del proceso alineado a brindar calidad, efectividad y servicio al proceso. A partir de la aplicación de estas estrategias se

espera reducir el lead time del proceso hasta un 54% aumentando el indicador de Valor Agregado de 8% a 17% e incrementado el índice First Pass Yield hasta un 40%.

Palabras claves— DMAIC; Instituciones de Educación Superior; Lean Six Sigma; Mejora continua.

I. INTRODUCTION

LA filosofía Lean Six Sigma contempla el mejoramiento continuo y sinérgico dentro y fuera de las organizaciones, aumentando indirectamente el nivel de servicio y la percepción de los clientes [1], es decir, que para mantener siempre el mayor nivel de calidad posible, se analiza y evalúa los procesos repetitivos de la empresas, con el fin de identificar problemas y corregirlos incluso antes de que estos se presenten. En ese sentido, para procesos de servicios, pretende analizar el contexto de acuerdo con las necesidades y requerimientos establecidos por los clientes, midiendo los procesos para tomar decisiones basados en hechos concretos.

Es clara la importancia que tiene la eficiencia de los procesos en la búsqueda de la competitividad empresarial, el hacer más con menos recursos es un factor clave para la reducción en los costos. Los autores Hess & Benjamín [2], hacen referencia a que la mayoría de las organizaciones determinan la calidad como foco estratégico dentro de su visión, por ello, las instituciones de educación superior tienen un gran potencial para implementar la metodología Lean Six Sigma, que permitirá la reducción de desperdicios y recursos para obtener mayor percepción del servicio prestado por estas.

Con el nacimiento del sistema de producción TOYOTA implementada por Eiji Toyoda y Taiichi Ohno en los años 70's, nace la metodología Lean Manufacturing, [1], en donde definieron que reducir los desperdicios y crear valor máximo a

Este manuscrito fue sometido el 22 de junio de 2021, aceptado el 09 de junio de 2023 y publicado el 30 de junio de 2023. Este proyecto no tiene financiación.

M. A. Rodríguez-Mera trabaja en la Unidad de Servicios Públicos del Distrito de Santiago de Cali- Colombia es candidata a MSc en Ingeniería e-mail: maria_a.rodriguez_m@uao.edu.co

D. Guerrero-Moreno trabaja en ENCUBEx como Gerente Cali Colombia e-mail consultoria@encubexcolombia.com

J. C. García-Jiménez trabaja como docente de planta en la Universidad Santiago de Cali, Cali Colombia e-mail: juan.garcia10@usc.edu.co

C. C. Peña-Montoya trabaja como docente de planta de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Occidente, Cali Colombia e-mail: ccpena@uao.edu.co



los clientes, era la mejor manera de realizar mejoras a los procesos de manera satisfactoria.

Por tanto, esta metodología aplica la filosofía de obtener las cosas correctas, en el tiempo correcto, en las cantidades correctas y en el lugar indicado, generando valor al reducir recursos, eliminando desperdicios, siendo flexible en la búsqueda de opciones de mejora continua.

Por otro lado, Lean Service integra al cliente en la creación del servicio, aportando un elemento nuevo en las operaciones del proceso, por lo que el cliente se transforma en un socio en la creación de la cadena de valor [3].

Los aspectos que se involucran son: se especifica qué crea valor, es decir, definir la necesidad a cubrir para el cliente final; se identifica el flujo de valor, es decir, el flujo de secuencias de actividades que permiten cumplir con los requerimientos determinados. Se establece un sistema de servicio Pull, por lo que se distribuye la demanda del cliente a lo largo de la cadena de valor y entregar solo lo que el cliente realmente demanda. Por último, se realiza un esfuerzo para alcanzar la perfección, por lo que se debe centrar en la perspectiva del cliente, ofreciendo exactamente lo que quiere, cuando lo quiera y donde lo quiera [3].

Adicionalmente, Six Sigma es una metodología para el mejoramiento de procesos o productos, centrándose en la reducción de la variabilidad de estos, enfocándose en reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de Six Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier fallo que en un producto o servicio no logre cumplir los requisitos del cliente [4].

Por tanto, Six Sigma utiliza técnicas y herramientas de estadísticas para la caracterización y el estudio de la capacidad de los procesos, ya que existe una relación entre el valor Six Sigma y la desviación estándar, en donde se aprecia la capacidad y variabilidad del proceso [4]. En ese sentido, el objetivo principal de esta metodología es reducir desperdicios y reducir la variabilidad del proceso, con el fin de que este se encuentre dentro de los límites establecidos por el cliente [5]. Para ello utiliza técnicas estadísticas y no estadísticas en un proceso de cinco etapas: Definir, Medir, Analizar, Introducir Mejoras y Controlar [4].

Esta primera etapa se determina la voz del cliente y se realiza la caracterización del proceso. Posteriormente, en la segunda etapa de la metodología se realiza el levantamiento de la información necesaria para medir el desempeño actual del proceso. La recopilación de los datos debe describir el comportamiento a mejorar, para ello se debe asegurar una consistencia y una variabilidad [6]. En la tercera etapa, se determinan las variables críticas del proceso y se analiza la información obtenida en la técnica de medición. Por su parte, para la cuarta etapa, se pretende optimizar y robustecer el proceso, identificando las variables que afectan en mayor medida la variabilidad del proceso y se determinando las condiciones en la cual se debe de operar para que el desempeño de este aumente.

En la última etapa, se establece el control de las variables críticas que causan la variabilidad de los procesos para asegurar

la implementación de las mejoras a través del tiempo.

Teniendo en cuenta el anterior preámbulo, es necesario resaltar que para la resolución de problemas complejos que requieren análisis intensivo de datos y métodos estadísticos avanzados, la metodología Lean no es la más adecuada. Por el contrario, los que implementaron Six Sigma descubrieron que no todos los problemas necesitaban varios meses de recopilación de datos para resolverse [7]. Los profesionales en calidad de procesos encontraron que los principios Lean podrían ser de forma amplia y efectiva, con una recopilación de datos mínima y lograr beneficios inmediatos. Luego, para problemas más complejos que requieren un intenso análisis de datos, Six Sigma podría ser utilizado.

En la última década, el interés por la implementación de la metodología Lean Six Sigma de las empresas colombianas de toda índole, ha incrementado drásticamente, ya que estas están en constante búsqueda de altos niveles de competitividad. Las instituciones educativas no son ajenas a estos fenómenos organizacionales, puesto que se enfrentan también en un entorno de competencia y, deben afrontarlo de forma eficiente y efectiva, para cumplir con los objetivos del que hacer educativo [8].

A pesar de los avances en la implementación de proyectos de mejora en Instituciones de Educación Superior IES, estos se han realizado sin seguir un modelo específico general que defina unos principios, etapas, actividades y herramientas claras para su implementación exitosa en este tipo de organizaciones, que claramente difieren de las empresas manufactureras en donde fueron creadas estas metodologías.

La IES objeto de estudio ha liderado durante casi medio siglo acciones en pro del fortalecimiento y el progreso de todos sus estudiantes, colaboradores y aliados. Por ello, entre sus objetivos estratégicos radica el fomento de la calidad y búsqueda permanente de la perfección. Esta IES tiene diferentes procesos como las revisiones de trabajos de grado para otorgar la constancia de paz y salvo de biblioteca los cuales tardan más del tiempo estipulado, debido a que se están emitiendo paz y salvos de biblioteca aproximadamente en 40 días, cuando este proceso debería de durar solo 9 días.

Por otra parte, el proceso de revisión de trabajo de grado de la biblioteca cuenta con el apoyo de 6 estudiantes, estos dedican aproximadamente 15 horas a la semana al proceso, esto siempre y cuando sus responsabilidades académicas lo permitan, por ello, en ocasiones, es difícil asistir a las capacitaciones presenciales de aplicación a normas bibliográficas, no obstante, utilizan los recursos audio visuales que brinda la biblioteca para la realización de sus funciones. Sin embargo, esto no garantiza la calidad del servicio prestado y en consecuencia, se incurre en reprocesos en las revisiones del documento. Adicionalmente, no tienen registro de todos los estudiantes que apoyan este proceso. Un estudiante es un monitor que ha sido contratado para tal fin.

Por otra parte, se ha evidenciado que algunos directores de grado no tienen conocimiento de los cambios que se han realizado en la aplicación de las normas bibliográficas en la universidad y exigen a los estudiantes cambiar la presentación del documento, en otros casos la norma de citación; y en otros

ambas, lo que genera defectos al proceso. Otro aspecto para resaltar es que no existe límite en el tiempo de realización de los ajustes del documento por parte de los estudiantes, ocasionando largos periodos de inventarios (documentos en cola para ser aprobados), aumentando el tiempo de ciclo del proceso.

Este proceso de revisión de trabajo de grado afecta también al personal de la biblioteca, debido a que durante todo el año deben estar revisando los documentos finales y sus respectivas correcciones, (las cuales pueden llegar hasta 3 correcciones), de todas las facultades de la universidad, generando reducción en el tiempo para desarrollar otras actividades por parte de ellos, cómo también una constante fatiga al realizar esta actividad.

Por otra parte, se realizaron entrevistas a estudiantes de diferentes carreras, quienes respondieron que conocieron el proceso solo hasta el momento en que necesitaron solicitar el paz y salvo, ocasionado una pérdida de oportunidad de obtener asesorías y capacitaciones frente a la presentación correcta de su informe final de grado.

Es necesario mencionar, que a pesar de las acciones de mejora que ha realizado la IES en el proceso de estudio, aún se presentan reprocesos, es decir documentos con correcciones, las cuales son devueltos hasta n veces; inventarios (documentos en cola de aprobación), tiempos muertos dentro el proceso.

A raíz de estos síntomas, se puede inferir que el problema puede radicar en ineficientes lineamientos operacionales que generan el aumento de tiempo de ciclo del proceso, por tanto, se pretende realizar un proyecto de mejora en el rendimiento del proceso para eliminar sistemáticamente el desperdicio y reducir la variación.

El presente artículo tiene como objetivo proponer mejoras en el proceso de revisión de trabajos de grado para la emisión del paz y salvo de la biblioteca de una IES, a través de las metodologías Lean Manufacturing y Six Sigma.

En las siguientes secciones se definen la metodología, los resultados y conclusiones asociadas al cumplimiento del objetivo del artículo.

II. METODOLOGÍA

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo del artículo, los resultados de este documento se dividieron en 5 secciones, los cuales abordan las etapas de la metodología DMAIC [9].

La primera etapa, Definir: se diagnosticó la situación actual del proceso mediante una investigación de campo, de tipo descriptiva, donde se identificaron las expectativas del cliente, para ello se realizaron una serie de entrevistas, grupos focales y encuestas; estas últimas fueron entregadas por la biblioteca de la IES; los resultados de todas estas técnicas fueron analizados mediante herramientas tales como el diagrama de Critico para la calidad y el diagrama SIPOC. La segunda etapa, Medir: describe el proceso, elementos, etapas, entradas, salidas y características importantes, se desarrolla un sistema de medición, con el propósito de analizar la capacidad del proceso. La tercera etapa, Analizar: se analizaron las variables del proceso definidas en la etapa Medir, con el objetivo de determinar variables críticas de desempeño del proceso, por consiguiente, se emplean herramientas de identificación de

causas y análisis de procesos, clasificación de información. La cuarta etapa, Mejorar: se establece un plan de acción que busca mitigar las deficiencias encontradas en el proceso, para ello se diseñan estrategias de mejora, basadas en las herramientas Lean y Six Sigma. Finalmente, en la quinta etapa, Controlar: evalúa y monitorea los resultados de las soluciones aplicadas. Esta etapa tiene como finalidad garantizar el rendimiento del sistema durante el tiempo.

En la Tabla I, se presenta la metodología ejecutada en el

TABLA I
METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Fase	Herramienta	Resultado
Definir	Project Charter	Describir detalladamente el proyecto LSS.
	Focus Group Entrevistas Encuesta Voz del Cliente	Se estableció la voz del cliente, lo cual permitió determinar los requisitos de cada uno de los interesados en el proceso de revisión de trabajos de grado para la emisión del paz y salvo de la biblioteca de la IES.
	CRITICAL O QUALITY (CTQ)	Se establecieron métricas de medición del proceso.
	QFD	Se transformaron las demandas del usuario en la calidad de diseño.
Medir	BPMN	Se realizó secuencia lógica del proceso de revisión de trabajos de grado para la emisión del paz y salvo de la biblioteca de la IES
	VSM	Se midió estadísticamente el desempeño actual del proceso
	Control estadístico del proceso	Se identificó las áreas críticas que generan mayor desperdicio
Analizar	Diagrama de Pareto	Se determinaron las áreas críticas que generan mayor desperdicio.
	Diagrama de causa-efecto	Se diagnosticaron las posibles causas del problema
	ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO-AVA	Se realizó el análisis del proceso actual, actividades que generan y no generan valor, datos de VSM y métricas estadísticas.
Mejorar	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	Se analizaron como las entradas (Xs) se relacionan e impactan las salidas (Ys).
	PRUEBA DE HIPÓTESIS	Se determinaron las verdaderas fuentes de variación y desperdicio (Xs) y sus modos potenciales de falla en las salidas (Ys).
	Propuestas de mejora	Se desarrollaron posibles soluciones considerando las entradas críticas previamente identificadas

proyecto, la cual está definida en las diferentes etapas, herramientas y el resultado esperado.

CONTINUACIÓN TABLA I
METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Fase	Herramienta	Resultado
Controlar	Indicadores	Se establecieron métricas claves para controlar

Nota: Adaptado de “Modelo lean Six Sigma para el mejoramiento continuo en el sector educativo”. por D. R. Guerrero, & C. Bocanegra, 2017. Obtenida en E. Gutiérrez (Presidencia), IV Congreso Internacional Industria y Organizaciones, CIIO 2017. Universidad de Antioquia.

III. RESULTADOS

La biblioteca de la IES ofrece a los estudiantes próximos a graduarse, el proceso de revisión de documentos finales de trabajo de grado para el suministro del paz y salvo de la biblioteca. El cual consta de 3 etapas:

En la primera etapa, se revisa el documento de trabajo de grado y se realizan observaciones sobre este, esta etapa dura 5 días hábiles, no obstante, puede aumentar su duración según la cantidad de solicitudes. En la segunda etapa, el estudiante entrega las correcciones y ajustes al documento, (las cuales se pueden devolver n veces) y una vez la biblioteca tenga el acta de sustentación del trabajo de grado aprobada, el tutor de la biblioteca debe enviar el correo con las indicaciones para que el estudiante realice el montaje del documento en el repositorio IES, este subproceso demora de 1 a 2 días hábiles. La tercera y última etapa, consta de la emisión del paz y salvo, siempre y cuando el estudiante haga la solicitud mediante el portal estudiantil y haya realizado el montaje de su informe en Repositorio IES, esta última etapa tiene una duración hasta 2 días hábiles, por lo que, en condiciones ideales el proceso tiene un tiempo de ciclo de 9 días.

A. Etapa Definir

Se usó la herramienta cualitativa del Focus Group, cuya táctica dispone una evaluación sistemática de todas las partes involucradas a mejorar, asumiendo que su estrategia es de crucial importancia para crear posibles soluciones a todas aquellas falencias vinculadas a este ejercicio [10]. Dicho evento fue realizado con el apoyo de docentes, directores de trabajos de grado y personal administrativo de la biblioteca de la IES. Los comentarios más importantes de este fueron:

- El estudiante no tiene claridad a la hora de aplicar las normas bibliográficas en su documento de trabajo de grado.
- Los profesores revisan el contenido y estructura lógica del informe final, pero no la aplicación correcta de las normas bibliográficas por parte del estudiante.
- La utilización de las capacitaciones presenciales por parte de los estudiantes nocturnos es menor que la utilización de las capacitaciones presenciales de los estudiantes diurnos.
- Desconocimiento del proceso de revisión de trabajo de grado para la emisión del paz y salvo de la biblioteca de la IES.
- No se garantiza la calidad de la revisión que realizan los

estudiantes que apoyan el proceso.

- Existencia de tiempos muertos en el proceso.
- Exceso de inventarios en el proceso.

En ese sentido, la siguiente herramienta cualitativa utilizada con los estudiantes que pasaron por este proceso fue la entrevista estructurada, en donde se realizaron preguntas tales como:

- ¿Cuáles son las dificultades frente a la aplicación de las normas bibliográficas exigidas por la universidad que comúnmente los estudiantes comenten en su trabajo de grado?

Los resultados de estas entrevistas fueron resumidos en la Tabla II:

TABLA II
COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES GENERALES MÁS FRECUENTES LAS ENTREVISTAS REALIZADAS A LOS ESTUDIANTES

Desconocimiento de la norma bibliografía a utilizar.	Ofrecen priorización de casos urgentes.
Confusión en la manera de citar.	Las solicitudes más antiguas se pierden a medida que el volumen de solicitudes aumenta.
Los profesores realizan la revisión de contenido y estructura lógica del documento. No en detalle la aplicación de normas.	La utilización de las capacitaciones presenciales por parte de los estudiantes nocturnos es menor que la utilización de las capacitaciones presenciales de los estudiantes diurnos.
Confusión en la aplicación de las normas.	Los documentos son revisados por diferentes tutores.
Aparte del documento, el proceso es relativamente sencillo.	Altos tiempos de respuesta a la solicitud.

Nota: Resumen de los comentarios más importantes de los estudiantes en las entrevistas realizadas entre el 11-13 de febrero del 2020.

Sin embargo, es pertinente evaluar si dichas acciones generaron resultados esperados.

Por último, se realizó el análisis cuantitativo de la encuesta de satisfacción de los estudiantes, la cual es realizada por el área objeto de estudio a 40 estudiantes que pasaron por este proceso en el periodo comprendido del 13 de enero del 2020 al 06 de febrero de este. En ella se evalúan 3 ítems, el primero el material brindado, seguido de la aplicación de las normas bibliográficas, posteriormente el nivel de dificultad que se le presentó aplicación a las normas bibliográficas, la atención recibida y las instalaciones físicas de la biblioteca.

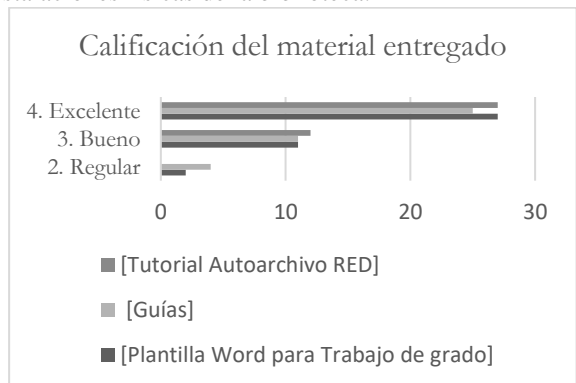


Fig. 1. Calificación del material entregado por la biblioteca

De acuerdo con la Fig. 1, la mayoría de los estudiantes calificaron cómo excelente (66%) el material ofrecido por biblioteca, en ese sentido, el 29% calificaron como bueno y tan solo el 5% lo calificaron como regular.

El segundo ítem de la encuesta evaluó el nivel de dificultad que los estudiantes presentaron a la hora de la aplicación de las normas bibliográficas en sus documentos de trabajo de grado, para ello, se tuvieron en cuenta aspectos como la citación, referencias, bibliografías, tablas, listas, y uso de gestores.

Adicionalmente, se afirma que a los estudiantes se les dificulta la aplicación de las normas bibliográficas, siendo la manera de citar y referenciar el ítem más complicado de realizar. Con los resultados de la Fig. 2, se puede confirmar lo expuesto.

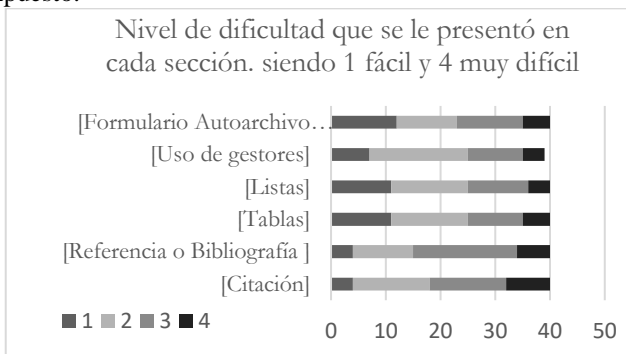


Fig. 2. Nivel de dificultad en la aplicación de las normas, siendo 1 fácil y 4 muy difícil

No obstante, en la Fig. 3 se determinó que el 74% de los encuestados, afirmaron que la atención recibida por parte de biblioteca fue excelente, el 25% lo calificó como bueno y el 1% cómo malo.

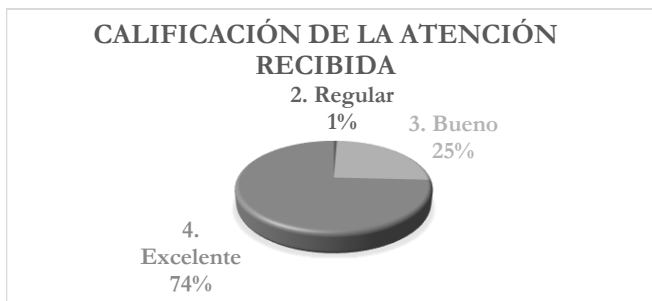


Fig. 3. Porcentaje de calificación de atención recibida

En síntesis, con la utilización de estas tres herramientas, se concluye:

Primero, en el Focus Group realizado se establecen los requerimientos establecidos por los diferentes interesados, segundo, las entrevistas realizadas, no se tomarán en cuenta en este proyecto porque, como se mencionó anteriormente, muchas de las peticiones que realizaron estos estudiantes entrevistados, para este semestre 2020-01 ya fueron tomadas en cuenta, sin embargo, es pertinente analizar los resultados de estas acciones y determinar su efectividad. Y, por último, en la encuesta realizada en la biblioteca, se determinó la satisfacción del estudiante frente al material otorgado, la dificultad en la

aplicación de la norma y su experiencia general en el proceso.

De acuerdo con los resultados de la aplicación de las anteriores herramientas en la figura 4, se identificaron las necesidades del cliente alineadas al servicio, la eficiencia y la calidad; y posteriormente, se determinaron los críticos para calidad de cada necesidad.

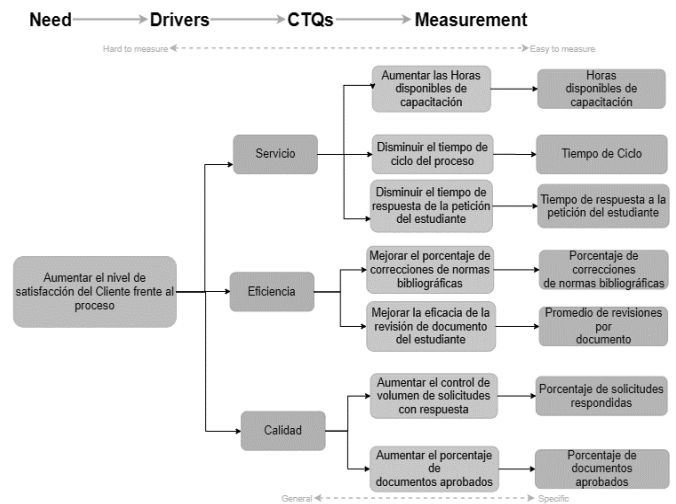


Fig. 4. Diagrama CTQ's

En la Fig. 4, se observa que para satisfacer la necesidad de servicio es necesario: 1) aumentar las horas disponibles para capacitación, 2) disminuir el tiempo de respuesta al estudiante y 3) disminuir el tiempo del ciclo del proceso. Para aumentar eficiencia se necesita 1) mejorar el porcentaje de correcciones de normas bibliográficas y 2) mejorar la eficiencia de la recepción del documento del estudiante. Por último, para establecer calidad en el proceso es necesario aumentar el porcentaje de documentos aprobados. Para cada CTQ se estableció un indicador que facilitará la medición de estos.

Para finalizar el desarrollo de la etapa definir se debe destacar que se estableció la situación actual del proceso, evidenciando las principales falencias de este y se diagnosticaron las necesidades y requerimientos para satisfacer al cliente. Por lo que, se ratifica la necesidad de realizar acciones de mejoramiento continuo en el proceso objeto de estudio.

De acuerdo con el modelo propuesto por Guerrero y Bocanegra [9], en la siguiente etapa se desarrolló el plan de recolección de datos, con el fin de medir los tiempos para la definición de los diferentes indicadores que mitiguen estos errores.

B. Etapa Medir

1) Plan de recolección de datos

Según [11] el plan de recolección de datos señala cuales son las estrategias de recolección adecuadas de acuerdo con las personas interpeladas, el grado de familiaridad con la realidad analizada, la disponibilidad de tiempo y las condiciones del contexto que se analiza. En síntesis, la recopilación de información es esencial para comprender y analizar los problemas que presenta un tema en específico e implementar las soluciones.

Por tanto, se plantea un plan de recolección de datos del

proyecto denominado “Aplicación de Lean Six Sigma para la mejora del proceso de trabajos de grado en una Institución de Educación Superior” como se presenta en la Tabla III:

TABLA III
PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Variables	Tipo de Variable	Tipo de Dato	Definición Operacional	Fuente de datos
X1= Revisar y realizar observaciones.	Entrada	Continuo	Tiempo promedio de revisar y realizar observaciones.	Proceso Bases de datos
X2= Aprobación de documentos.	Entrada	Discreto	Tiempo promedio de aprobación.	Proceso Bases de datos
X3= Notificar aprobación.	Entrada	Discreto	Tiempo de notificar aprobación.	Proceso
X4= Radicar aprobación en DRIVE.	Entrada	Discreto	Tiempo de Radicar aprobación en DRIVE.	Proceso
X5= Verificar estado paz y salvo.	Entrada	Discreto	Tiempo de verificar estado paz y salvo.	Proceso
X6= Emitir documento de Paz y salvo.	Entrada	Discreto	Tiempo de emitir documento de Paz y salvo.	Proceso

Nota: El plan de recolección de datos se realizó entre los días 10 a 13 de marzo del 2020.

2) *Recolección de datos*

Debido a que las variables X1 y X2 son actividades que dependen de un ente externo al proceso, es decir; el estudiante que pretende obtener la aprobación de su documento de trabajo de grado para la emisión de paz y salvo de biblioteca, la recolección de datos de estas 2 actividades se realizó mediante base de datos históricos que la biblioteca de la universidad objeto de estudio entregó amablemente para la realización de este proyecto. En esta base de datos, se obtuvo una muestra de 196 datos. En ese sentido, para las variables X3 a X6, se procedió a realizar una toma de tiempos de 80 muestras. Posteriormente se procedió a promediar dichos tiempos para ser sumados a las variables X1 y X2, y de esta manera totalizar el tiempo de revisión del documento de trabajo de grado para la emisión de paz y salvo de biblioteca. Lo anterior debido a que las actividades X1 y X2 conllevan el 92,5% del tiempo del proceso, tal y como se apreciará más adelante.

3) *Elaboración de VSM*

Para establecer los valores ideales del proceso de revisión de trabajo de grado para la emisión del paz y salvo de biblioteca es necesario identificar los días, la jornada laboral, el tiempo de descanso, la demanda semanal. Para ello se realiza un análisis de la situación ideal y la situación actual.

En la Tabla IV, se identificaron 9 tutores, de los cuales 6 son estudiantes que apoyan el proceso y los restantes son personal correspondiente a la biblioteca.

Con la información suministrada de la situación ideal del proceso, se identifica que el tiempo disponible por turno es de

200,8 horas/semanales. Por otra parte, se tiene una demanda semanal de 38 documentos. Posteriormente, se calculó que el takt time (1) es de 1,33 días/documento.

$$takt\ time = \frac{tiempo\ disponible\ semanal}{demanda\ semanal} \tag{1}$$

TABLA IV
TIEMPO DISPONIBLE DE TRABAJADORES AL PROCESO DE TRABAJO DE GRADO

Personal	No.	Horas Semanales
Estudiantes que apoyan el proceso	1	19,5
	2	12
	3	16
	4	20
	5	15
	6	15

CONTINUACIÓN TABLA IV
TIEMPO DISPONIBLE DE TRABAJADORES AL PROCESO DE TRABAJO DE GRADO

Personal	No.	Horas Semanales
Tutores	1	27
Tutores	2	27
Tutores	3	27
Coordinador	1	21,25
Auxiliares de prestamos	2	2,05
Total horas disponibles/semana		200,8
Horas promedio en el día		3,975

Nota: Según las horas disponibles semanales, se procedió a promediar las horas disponibles diarias, el cual aproximadamente es de 3,975 horas.

Para la construcción del VSM actual, se inició con la recolección de datos históricos del tiempo promedio de revisión del documento por parte de los tutores de la biblioteca, el cual es aproximadamente de 3,02 días y también del tiempo promedio de aprobación de dicho documento con una estimación de 37,43 días (ver Fig. 5).

Con lo anterior, se concluyó que se debe realizar acciones de

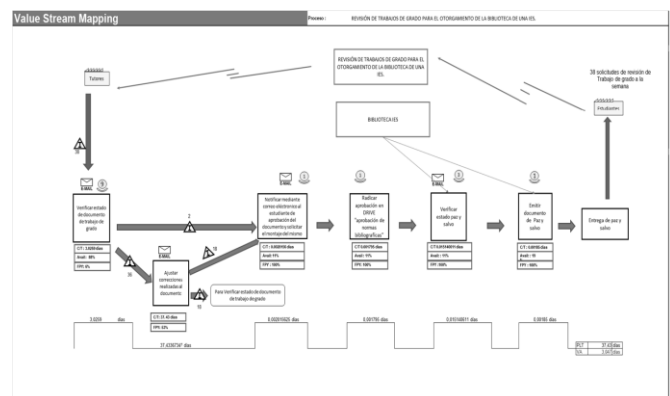


Fig. 5. VSM

mejora en el proceso para disminuir los inventarios que generan un tiempo de hasta 37,43 días, es decir el 92,5% del tiempo total del proceso.

4) Control estadístico del proceso

Con base en la información recolectada en los datos históricos y en la toma de tiempos, se procedió a realizar el análisis del proceso (ver Fig. 6) en el software Minitab. Cabe resaltar que para la obtención de los datos, se promedió el tiempo de las actividades 3 a la 6, siendo 29,96 minutos y se sumó al tiempo de las actividades 1 y 2.

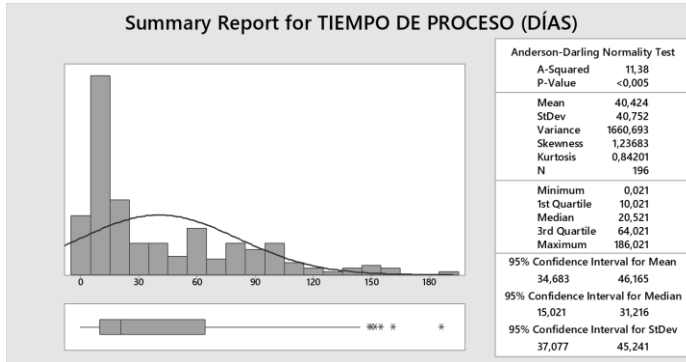


Fig. 6. Resumen estadístico del tiempo del proceso de trabajo de grado para la emisión del paz y salvo de biblioteca N=196

Según la Fig. 6, se determinó que efectivamente la distribución de los datos no sigue una distribución normal, ya que el valor P es menor a 0,005. Del mismo modo, se calculó que en promedio el proceso de entrega de paz y salvo tiene una duración de 40,42 días, con una desviación estándar de 40,75 días. Por otro lado, con un nivel de confianza de un 95% se evidencia que se otorgan en promedio paz y salvos entre 34,6 y 46,1 días.

Desde otro punto de vista, según el diagrama box plot el tiempo mínimo para entregar un paz y salvo fue de 0,02 días y que, por el contrario, de las 196 observaciones realizadas, el paz y salvo que más tiempo se demoró en entregar tuvo una duración 186,02 días, este dato es excepcional debido a que el estudiante abandonó el proceso y solo hasta el año 2020 efectuó los ajustes de las observaciones realizadas a su documento en el año 2017, casos como el anterior se presentan constantemente en los datos históricos del proceso.

Por otro lado, en el diagrama box plot, se identificó que las muestras comprendidas entre 50% y el 75%, están más dispersas que entre el 25% y el 50% de la muestra y se observó la aparición de datos atípicos. Confirmando esta hipótesis, en el histograma se evidenció que la distribución es asimétrica hacia la derecha, es decir, que los datos pueden no estar distribuidos normalmente.

De acuerdo con el análisis del rango, la desviación estándar y la curtosis, se concluye que el proceso esta descentrado y presenta variabilidad, es decir, no se puede ver la medida de tendencia central aislada de la medida de variabilidad, por lo que la capacidad del proceso es inferior a uno, produciendo productos no conformes; tal y como se evidenciará en incisos posteriores adelante.

Ya que los datos no siguen una distribución normal, se procedió a identificar qué tipo de distribución siguen; utilizando la prueba de bondad y ajuste en el software Minitab:

Como se observa en la Fig. 7, los datos no siguen ninguna distribución, es decir que P-Value no es menor a 0,05 en ninguna de las distribuciones. Como consecuencia, se procedió a analizar la capacidad del proceso transformando la distribución de este a una distribución binomial, con el fin de obtener una lectura de los resultados más precisa.

Distribution	AD	P	LRT	P
Normal	21.828	<0.005		
Box-Cox Transformation	1.655	<0.005		
Lognormal	3.136	<0.005		
3-Parameter Lognormal	1.736	*		0.000
Exponential	5.343	<0.003		
2-Parameter Exponential	5.020	<0.010		1.000
Weibull	1.868	<0.010		
3-Parameter Weibull	1.844	<0.005		1.000
Smallest Extreme Value	52.302	<0.010		
Largest Extreme Value	8.964	<0.010		
Gamma	2.152	<0.005		
3-Parameter Gamma	2.176	*		1.000
Logistic	10.239	<0.005		
Loglogistic	2.056	<0.005		
3-Parameter Loglogistic	2.018	*		0.111

Fig. 7. Prueba de bondad y ajuste en Minitab

De acuerdo con [12], “una distribución binomial es una distribución de probabilidad discreta que describe el número de éxitos al realizar n experimentos independientes entre sí, acerca de una variable aleatoria”. Con base en lo anterior, se llevaron los datos al programa Excel, en donde se generó una ecuación condicional para convertir los datos en 0 y 1. La fórmula aplicada hace referencia a que cualquier dato que se encuentre por encima de 9 días, llevará el valor de 1 (error). Los demás valores, tomarán el valor de 0 (éxito). De esta manera se convirtieron los datos en un código binario necesario para realizar el análisis de capacidad Binomial. Posteriormente, se procedió a calcular los documentos aprobados y paz y salvos emitidos mensuales desde el mes de septiembre 2019 hasta marzo 2020; como sus respectivos productos defectuosos (ver Tabla V).

TABLA V
FRECUENCIA DE DEFECTOS EN EL PROCESO

MES	DOCUMENTOS	
	APROBADOS Y PAZ Y SALVOS EMITIDOS/ MES	DEFECTOS
SEP-19	11	9
OCT-19	20	17
NOV-19	55	40
DIC-19	20	19
ENE-20	29	24
FEB-20	48	40
MAR-20	13	13
TOTAL	196	162

Nota: Defectos encontrados en el proceso septiembre 2019 a marzo 2020

En ese sentido, para determinar si el proceso es estable y está bajo control estadístico, en la Fig. 8, se procedió a evaluar la Carta de Control P para monitorear visualmente el porcentaje de productos defectuosos.

En la Fig. 8, se observan tendencias y patrones en los datos, y se determinó que el 82,65% de los datos están fuera de control. Estos datos son confirmados en el resumen estadístico de los datos transformados a una distribución binomial proporcionado por el software.

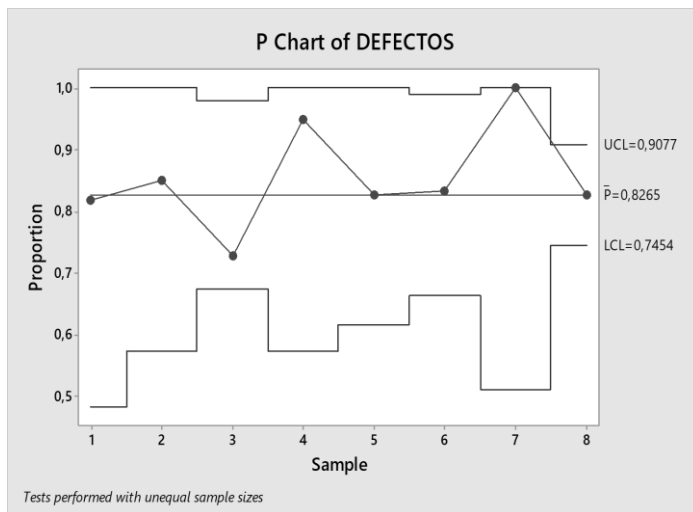


Fig. 8. Carta de Control P

De acuerdo con el resumen de los datos estadísticos de la Fig. 9, con un nivel de confianza de 95%, los límites de confianza superior (Lower CI) e inferior (Upper CI) indican que el % defectuoso del proceso se encuentra dentro del intervalo de 78,53% y 86,27%. Así mismo, se concluyó que el proceso obtuvo un nivel sigma de $-0,9405$, determinando que no se cumple con las especificaciones establecidas, es decir, que el 82,65% de los paz y salvos no son entregados en un intervalo de 1 a 9 días. Lo que traduce a 826.531 errores en un millón de oportunidades (DPMO). Un resultado bastante alejado de la meta de 6 sigma, (3,4 defectos por millón de oportunidades).

Summary Stats	
(95,0% confidence)	
%Defective:	82,65
Lower CI:	78,53
Upper CI:	86,27
Target:	10,00
PPM Def:	826531
Lower CI:	785342
Upper CI:	862703
Process Z:	-0,9405
Lower CI:	-1,0925
Upper CI:	-0,7904

Fig. 9. Resumen del análisis de capacidad del proceso

5) Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto permitió la identificación de las causas vitales de los defectos presentes en el proceso de revisión de trabajo de grado, así mismo se identificaron los defectos más relevantes con el propósito de establecer propuestas de mejora que permitan alcanzar los objetivos del proyecto.

Para ello, se utilizó la base de datos históricos que la IES brindó para la elaboración de este documento, en ella se contabilizaron la cantidad de defectos encontrados en los documentos de trabajos de grados que la biblioteca de la IES recibió en octubre del 2019. La información se resume en la tabla VI:

TABLA VI
FRECUENCIA DE DEFECTOS EN EL PROCESO

Defecto	Cantidad
Asignatura pendiente.	38
Confusión de normas	20
Pendiente de subir repositorio	18
No ha enviado correcciones.	14
Falta acta.	2
TOTAL	92

Nota: Defectos encontrados en el proceso en el mes de octubre del 2019.

De esta manera, se realizó el diagrama de Pareto, el cual permitió identificar la cantidad de defectos que existen en el proceso de trabajo de grado para la emisión del paz y salvo de biblioteca en el periodo de octubre 2019.

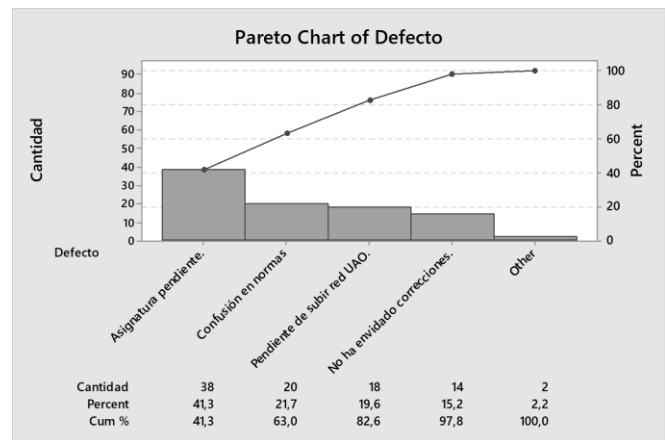


Fig. 10. Diagrama de Pareto

En la Fig. 10, se determinó que los defectos que generan el problema de retrasos en el proceso de estudio son: Los estudiantes tienen pendiente de aprobación la asignatura de proyecto de grado, confunden las normas bibliográficas de su documento de trabajo de grado y tienen pendiente subir al repositorio, dicho documento, los cuales representan el 82,6% de las demoras en el proceso. Por ello, es preciso actuar sobre estos defectos vitales porque tendrán una mejora significativa en contraste con los demás defectos determinados, ya que representan el 17,4% de los problemas presentados en el proceso.

Se debe resaltar que las posibles causas de lo evidenciado se atribuyen a las constantes confusiones en la aplicación de las normas bibliográficas en el informe final del estudiante y, en ese sentido, para realizar los ajustes del documento no hay definidas restricciones que limiten el tiempo de ejecución de esta actividad y como consecuencia, el inventario de documentos por aprobar aumenta y con ello el tiempo de ciclo del proceso.

C. Etapa Analizar

1) Diagrama causa y efecto

De acuerdo con los resultados obtenidos en la sección

anterior, se identificaron los diferentes problemas que ocurren en el transcurso del proceso, por ello, es importante investigar la causa principal de cada uno de los problemas encontrados en el VSM. Para ello, se utilizó la herramienta de diagrama causa y efecto, la cual permitió la identificación de las causas que se le atribuyen a la deficiencia del proceso de revisión de trabajo de grado esto mediante factores que interfieren en el sistema, tales como la mano de obra, medio ambiente, método, máquinas, medición y materia prima, la información.

De acuerdo con la Fig. 11, se observa que en la causa medición, no hay estipulado un tiempo para que los estudiantes realicen los ajustes de las observaciones del documento; solamente sí el proceso está sujeto a la época en que el área de registro académico abre las fechas para la solicitud de paz y salvo. De lo contrario, el estudiante puede continuar con su proceso en cualquier momento.

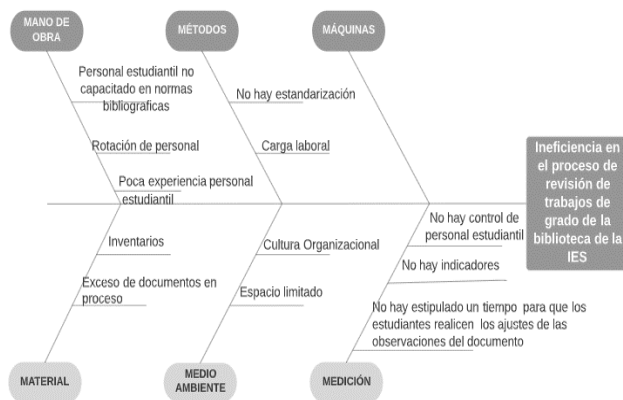


Fig. 11. Diagrama de Causa y Efecto

Otro aspecto importante para analizar es el personal, que consta de 5 tutores responsables que revisan el trabajo realizado por los 6 estudiantes quienes ayudan con la revisión de los documentos. Mediante entrevistas con la coordinadora de servicios especiales, se encontró que muchas veces existían reprocesos porque el estudiante revisaba el documento y retornaba al cliente el documento con correcciones y cuando este retornaba ya corregido, el tutor revisaba el documento para su aprobación, pero se encontraba con más errores de los previstos anteriormente, por lo que se devolvían al cliente por segunda vez, cabe resaltar que estos estudiantes que apoyan al proceso no tienen una certificación por parte del área que acredite la calidad del servicio prestado. Por otra parte, en el desarrollo de este proyecto, sin previo aviso renunciaron dos funcionarios del área, lo cual desequilibró el proceso por varias semanas y la curva de aprendizaje de este aumento.

Del mismo modo, dado que los estudiantes no tienen claridad de la norma a utilizar ocasiona que el documento este retornando entre el tutor y el estudiante *n* veces, y como consecuencia, haya excesos de inventarios en el proceso. Similarmente, se evidenció la sobre carga laboral debido a reprocesos en la revisión de documentos de trabajo de grado.

En conclusión, la ineficiencia en el proceso de revisión de trabajo de grado para la emisión del paz y salvo está dado por:

la confusión de la aplicación de las normas bibliográficas por parte del estudiante, no hay un tiempo límite para entregar correcciones del documento, existen muchos filtros para la revisión de trabajo de grado y no se garantiza la calidad del servicio prestado por parte de los estudiantes que apoyan al área.

2) *Análisis de valor Agregado*

Conforme la percepción de las autoras [13], definen que el valor agregado representa todas las actividades que son necesarias dentro de un proceso para alcanzar un objetivo deseado, estas actividades pueden ser simplificadas para ser más eficientes y tomar menos tiempo o pasos en su ejecución. Esta herramienta permite identificar gráficamente aquellas actividades que no agregan valor y e implementar acciones de mejora.

El resultado de la aplicación de este análisis fue plasmado en la Tabla VII:

TABLA VII
COMPOSICIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROCESO DE REVISIÓN DE TRABAJO DE GRADO PARA EL EMISIÓN DEL PAZ Y SALVO DE BIBLIOTECA

Actividades	Total
Tiempo total (hrs)	11
Tiempo actividades (%)	161,47266
Tiempo de valor agregado (hrs)	100
Índice de valor agregado (%)	12,200246
TOTAL	8%

Nota: Defectos encontrados en el proceso en el mes de octubre del 2019.

En la Tabla VII, se calculó que de las 161,47266 horas que aproximadamente tarda el proceso, solo 12,2 horas son el tiempo de valor agregado, lo cual determina que el índice de valor agregado es del 8%, esto quiere decir que el índice de que no genera valor es de 92%, por tal razón se concluye que el que el proceso no es efectivo. Cabe resaltar que este tiempo es alto, respecto al ideal, porque como se ha mencionado en las etapas anteriores, el estudiante no tiene límite de tiempo para ajustar las correcciones realizadas por los tutores.

3) *Prueba de hipótesis*

Siguiendo las etapas del modelo propuesto, se procedió a realizar pruebas de hipótesis, entre ellas cuantitativas y cualitativas, con el fin de observar y analizar el proceso en diferentes escenarios y evidenciar cuál sería su respuesta a estos.

De acuerdo con la definición establecida por Díaz [12], las pruebas de hipótesis estadísticas son una aseveración o conjetura relacionada a una o dos variables, es decir es un procedimiento con el que el investigador busca tomar una decisión sobre el valor de verdad de una hipótesis estadística. Sin embargo, la veracidad de un escenario hipotético nunca es conocido con certeza a menos que se evalué la población total, por lo que la decisión se basa en la evidencia muestral.

Los resultados de la prueba de hipótesis realizada con el

estadístico T. En la Tabla VIII se resumen dichas hipótesis, las cuales fueron realizadas con el estadístico T:

TABLA VIII

COMPOSICIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROCESO DE REVISIÓN DE TRABAJO DE GRADO PARA LA EMISIÓN DEL PAZ Y SALVO DE BIBLIOTECA

HIPÓTESIS	DECISIÓN
Ho: μ trabajo de grado otorgados > 30 días H1: μ trabajo de grado otorgados = 30 días $\alpha = 0,05$	Con un nivel de significancia del 5%, se puede concluir que la media es 40,4 días, por ello, no se rechaza Ho (P-Value= 0.001). Del mismo modo, con un nivel de confianza del 95% se determinó que en promedio se otorgan paz y salvos de biblioteca entre 35,6 y 45,2 días. Por lo que se acepta Ho.
Ho: μ Correcciones = 15 días de correcciones de documentos de trabajo de grado. H1: μ Correcciones >15 días de correcciones de documentos de trabajo de grado. $\alpha = 0,05$	Con un nivel 95% de nivel de confianza, se determinó el tiempo promedio de correcciones 37,4 días, por ello, se rechaza Ho.

Nota: Se definen las siguientes abreviaturas μ P. Grado = Tiempo promedio del proceso para proyecto de Grado. μ P. emprendimiento= Tiempo promedio del proceso para proyecto de emprendimiento. μ C.O.G= Tiempo promedio del proceso para curso de opción de grado. μ P. Institucional = Tiempo promedio del proceso para la modalidad Pasantía institucional. μ P. Comunitaria = Tiempo promedio del proceso para la modalidad Pasantía comunitaria. μ P. Investigación = Tiempo promedio del proceso para la modalidad pasantía de investigación. μ Especialización= Tiempo promedio del proceso para especialización.

CONTINUACIÓN TABLA VIII

COMPOSICIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROCESO DE REVISIÓN DE TRABAJO DE GRADO PARA LA EMISIÓN DEL PAZ Y SALVO DE BIBLIOTECA

HIPÓTESIS	DECISIÓN
Ho: μ Trimestre 2019 = μ Trimestre 2020 H1: μ Trimestre 2019 \neq μ Trimestre 2020 $\alpha = 0,05$	El tiempo del proceso promedio en el primer trimestre del año 2019 (37 días) es menor que el tiempo promedio del proceso en el primer trimestre del año 2020 (49,7 días), en otras palabras, se rechaza Ho.
Ho: μ P. Grado = μ P. emprendimiento= μ C.O.G= μ P. Institucional = μ P. Comunitaria = μ P. Investigación = μ Especialización H1: Al menos una es diferente $\alpha = 0,05$	La modalidad de especialización, la modalidad de curso por opción de grado y la pasantía de emprendimiento. Y las modalidades que más demoran son la opción de pasantía de investigación, seguida de trabajo de grado, continuando con la pasantía institucional. Por lo que se rechaza Ho.

Nota: Se definen las siguientes abreviaturas μ P. Grado = Tiempo promedio del proceso para proyecto de Grado. μ P. emprendimiento= Tiempo promedio del proceso para proyecto de emprendimiento. μ C.O.G= Tiempo promedio del proceso para curso de opción de grado. μ P. Institucional = Tiempo promedio del proceso para la modalidad Pasantía institucional. μ P. Comunitaria = Tiempo promedio del proceso para la modalidad Pasantía comunitaria. μ P. Investigación = Tiempo promedio del proceso para la modalidad pasantía de investigación. μ Especialización= Tiempo promedio del proceso para especialización.

En concreto, para dar como conclusión de la etapa analizar, se determinó que no existe un control de tiempo para que los estudiantes realicen correcciones al documento de trabajo de grado, tardándose en esta acción aproximadamente 37 días y el proceso completo de revisión de trabajo de grado para la emisión de paz y salvo de biblioteca en promedio 40 días. Por otro lado, a pesar de las acciones implementadas por la biblioteca para el mejoramiento continuo del proceso, se evidenció que estas no han tenido gran efecto, esto reflejándose en el índice de valor agregado del 8%.

D. Etapa Mejorar

1) Estrategias de mejoramiento del proceso revisión de documentos de trabajo de grado de la IES

Para la etapa de mejorar se utilizaron herramientas Lean con el fin de brindar solución a las problemáticas evidenciadas; es aquí en donde esos problemas convergen y se convierten en propuestas de acción de mejora al proceso de revisión del documento de trabajo de grado para la emisión del paz y salvo de biblioteca de la IES.

A. Definir límite de tiempo para las correcciones del documento de trabajo de grado por parte de los estudiantes. (Causa: no hay estipulado un tiempo para que los estudiantes realicen los ajustes de las observaciones del documento)

Se propone definir un plazo máximo para que los estudiantes realicen las correcciones de su documento. Este tiempo límite, se sugiere de 15 días, basándose en el análisis estadístico de los tiempos de correcciones de documento de trabajo de grado establecido por la facultad cuando el documento del estudiante está siendo revisado por el evaluador asignado.

B. Curso de aplicación de normas bibliográficas. (Causa: no hay estandarización)

Se propuso implementar un curso de certificación de aplicación de normas bibliográficas en materias en donde se establezcan las bases para realizar el anteproyecto de grado, en el caso de Ingeniería Industrial, en la materia denominada "Seminario de Ingeniería Industrial" de semestre IX. Este curso se enfocará en las normas bibliográficas establecidas por la universidad (ICONTEC, IEEE y APA) y deberá de tener un porcentaje de la calificación de Trabajos y tareas, el cual equivale al 10% de la calificación total de la materia. Y cuando el estudiante acceda al proceso de revisión de trabajo de grado para la emisión del paz y salvo de la biblioteca, este curso sea un requisito exigido por el personal de la unidad biblioteca de la IES para el inicio del proceso.

C. Estandarizar la actividad de revisión del documento de trabajo de grado. (Causa: no hay estandarización)

Estandarizar la revisión del documento de trabajo de grado y así mismo evitar que a medida que el documento pase a la siguiente etapa, este pase con errores en la presentación de este. Por lo cual se estableció una lista de chequeo para estandarizar la revisión del documento de trabajo de grado y así mismo evitar que a medida que el documento pase a la siguiente etapa con errores en la presentación de este. Esta lista de chequeo será implementada en las tres etapas de revisión.

D. Extensión del programa de capacitaciones nocturnas (Causa: Personal estudiantil no capacitado en normas bibliográficas y no hay estandarización)

Flexibilizar los horarios de capacitación presencial para estudiantes nocturnos o cualquier estudiante que no pueda asistir a estas capacitaciones. Revisar los horarios establecidos para capacitaciones de trabajo de grado. Posteriormente,

realizar un sondeo de los estudiantes que necesitan capacitaciones de trabajo de grado y no pueden asistir a las capacitaciones diurnas, con el fin de contabilizarlos. Y finalmente, definir horarios de capacitaciones nocturnas.

E. Programa de capacitaciones de normas bibliográficas de la Biblioteca de la IES. (Causa: no hay estandarización)

Establecer un programa de capacitaciones de las normas bibliográficas por secciones, con el fin de profundizar en los temas y brindar asesoría a las inquietudes de los estudiantes frente a la aplicación de dichas normas. Las capacitaciones se seccionarán de acuerdo con las normas bibliográficas establecidas por la universidad. El contenido de las capacitaciones estará a cargo de los funcionarios de la biblioteca de la IES.

F. Garantizar la calidad del servicio prestado por la biblioteca de la IES (Causa: Personal estudiantil no capacitado en normas bibliográficas y poca experiencia del personal estudiantil)

Garantizar la calidad del servicio de las revisiones del documento de trabajo de grado, mediante capacitaciones obligatorias a los estudiantes que apoyan el proceso. Por tanto, se propone establecer capacitaciones obligatorias y evaluativas a los estudiantes que brindan el apoyo al área servicios especiales de la biblioteca.

G. Publicidad del proceso de revisión del trabajo de grado en diferentes puntos estratégicos de la universidad. (Causa: no hay estandarización)

Se crearon piezas gráficas sobre el proceso revisión de trabajos de grado, y se propone establecerlas en los diferentes puntos estratégicos de la universidad, con el fin de dar a conocer el proceso a la comunidad universitaria próxima a graduarse y así mismo brindar los servicios especiales de la biblioteca, frente a la elaboración del documento de trabajo de grado a los estudiantes desde el inicio de este y así evitar posibles errores en el documento.

H. Mejora en la base de datos de registro de estudiantes del proceso de revisión de trabajo de grado para la emisión del paz y salvo de la biblioteca. (Causa: no hay estandarización)

Estandarizar la base de datos del proceso revisión de trabajo de grado con el fin de proporcionar calidad en los datos registrados. Esta base de datos se desarrolló en Google Sheets y fue parametrizada con el lenguaje de programación Google Apps Script.

A partir de las propuestas planteadas, se busca optimizar el rendimiento del proceso en términos de tiempo, aplicación de normas por parte de los estudiantes y garantizar el servicio prestado. De esta manera, se proyecta que la biblioteca logra implementar las acciones, el tiempo de ciclo del proceso disminuiría hasta en un 54%, además se aumentaría la rotación de documentos en espera de aprobación, es decir que, el inventario del proceso disminuiría y más importante, se

reducirían los reproceso de ajustes de correcciones en un 40%, en ese orden de ideas, se presume de las 38 solicitudes de revisión de trabajo de grado que llegan al proceso semanalmente, pasarían en la primera revisión 15 documentos, y el restante pasaría a realizar ajustes en el documento de los cuales el 93% pasaría correctamente la segunda revisión.

E. Etapa Controlar

En esta etapa se establecieron un sistema de indicadores que permitirán a los líderes del proceso evaluar el desempeño de este través del tiempo. En la Tabla IX. se exponen las métricas de las propuestas establecidas

TABLA IX
INDICADORES PROPUESTOS

Indicador	Objetivo	Métrica
Entregas efectivas de correcciones de trabajo de grado.	Llevar control de las entregas efectivas de correcciones de trabajo de grado.	$\frac{\text{Estudiantes con curso de aplicación de normas bibliográficas}}{\text{Total estudiantes en proceso}} \times 100$
Estudiantes con certificación del curso de aplicación a normas bibliográficas	Llevar control los estudiantes con certificación del curso de aplicación a normas bibliográficas	$\frac{\text{Correcciones de TG entregadas dentro del tiempo establecido}}{\text{Total documentos con correcciones}} \times 1$
Porcentaje de citas aplicadas correctamente por documento.	Llevar control de citas aplicadas correctamente por documento.	$\frac{\text{Número de citas aplicadas correctamente}}{\text{Total Citas en el documento}} * 100$
Porcentaje de referencias aplicadas correctamente por documento.	Llevar control de referencias aplicadas correctamente por documento.	$\frac{\text{Número de Referencias aplicadas correctamente}}{\text{Total referencias en el documento}} + 100$
Utilización de normas APA.	Llevar control de la utilización de la norma APA en los documentos de trabajo de grado de los estudiantes de la universidad.	$\frac{\text{Documentos aplicados Norma Apa}}{\text{Total documentos revisados en el último semestre}} * 100$
Utilización de normas ICONTEC.	Llevar control de la utilización de la norma ICONTEC en los documentos de trabajo de grado de los estudiantes de la universidad.	$\frac{\text{Documentos aplicados Norma ICONTEC}}{\text{Total documentos revisados en el último semestre}} * 100$
Utilización de normas IEEE.	Llevar control de la utilización de la norma IEEE en los documentos de trabajo de grado de los estudiantes de la universidad.	$\frac{\text{Documentos aplicados Norma IEEE}}{\text{Total documentos revisados en el último semestre}} * 100$
Porcentaje de documentos revisados efectivamente por estudiantes que apoyan el proceso.	Llevar control de las revisiones efectivas de cada estudiante que apoyan al proceso.	$\frac{\text{Número de documentos revisado efectivamente}}{\text{Total documentos revisados}} * 100$

Nota: indicadores propuestos para asegurar su continuidad en el tiempo y efectividad del proceso.

CONTINUACIÓN TABLA IX
INDICADORES PROPUESTOS

Indicador	Meta	Código de alerta		
		ROJO	AMARILLO	VERDE
Entregas efectivas de correcciones de trabajo de grado.	100%	$\leq 70\%$	(70% < % Entregas efectivas de correcciones de trabajo de grado < 80%)	$\geq 80\%$
Estudiantes con certificación del curso de aplicación a normas bibliográficas	100%	$\leq 100\%$	-	100%
Porcentaje de citas aplicadas correctamente por documento.	100%	$\leq 70\%$	70% < % citas aplicadas correctamente por documento < 85%	$\geq 85\%$
Porcentaje de referencias aplicadas correctamente por documento.	100%	$\leq 70\%$	70% < % Referencias aplicadas correctamente por documento < 85%	$\geq 85\%$
Porcentaje de documentos revisados efectivamente por estudiante que apoyan al proceso.	100%	$\geq 70\%$	Porcentaje de documentos revisados efectivamente por estudiante que apoyan al proceso. < 80%)	$\geq 80\%$

Nota: indicadores propuestos para asegurar su continuidad en el tiempo y efectividad del proceso.

Los resultados mostraron que la aplicación de la metodología Lean Six Sigma enfocada para instituciones de educación superior, contribuye a estudiantes, personal administrativo y docentes.

Así mismo se confirma lo mencionado por las autoras [14], quienes manifiestan que la utilización de la metodología Lean Six Sigma en las IES, permite clasificar las causas principales de los errores de un proceso para encontrar en gran medida al mejoramiento continuo de estas, siempre y cuando haya compromiso de parte de los las mejores soluciones y así evitar su reparación; con la ayuda de medidas preventivas de control es posible mantener los procesos de la organización, conformes y en constantes.

En ese mismo orden de ideas, [3] atribuyen que se debe incluir tanto proveedores del servicio, para este caso los funcionarios de la biblioteca de la IES, como los usuarios de este, para que haya sinergia y se puedan identificar con mayor facilidad las oportunidades de mejora según la percepción de ambas partes del proceso.

Por último, se debe destacar que, para asegurar la efectividad de los procesos y el mejoramiento continuo de la IES, es necesario dejar establecida una metodología de calidad con una estrategia como DMAIC aplicada en este proyecto, que brinda una organización sistemática de los proyectos de mejoramiento al interior de una institución [15].

IV. CONCLUSIONES

Debido al desafío que hoy enfrentan las IES por el mejoramiento continuo de sus procesos y de acuerdo con los resultados evidenciados dentro del diagnóstico del proceso de revisión de trabajos de grado para la emisión del paz y salvos

de la IES, se determinó la necesidad establecer tiempos límites para correcciones y ajustes de estos documentos por parte de los estudiantes, garantizar la calidad del servicio prestado mediante las capacitaciones obligatorias al personal que apoya el proceso, estandarizar el proceso de revisión, rediseñar las capacitaciones brindadas y establecer piezas graficas que otorguen reconocimiento al proceso por parte de la comunidad universitaria.

Los aportes más importantes del proyecto son: se estableció un plan de mejoramiento alineado a la metodología Lean Six Sigma para IES, en este se presume que, en el estado futuro del proceso al restringir las entradas al proceso, este tendría un tiempo de ciclo de 18,05 días, es decir, que se reduciría hasta en un 54%, aumentando el índice IVA a un 17%. Por otro lado, al garantizar la correcta aplicación de las normas en el documento final, el indicador First Pass Yield, se pronosticaría aumentaría un 40%.

La metodología Six Sigma es una estrategia que se debe implementar a mediano y largo plazo, por lo cual se requiere que la IES capacite e instruya a sus colaboradores y usuarios, con el fin de mantener la calidad y el desempeño de sus procesos a lo largo del tiempo.

Se resalta que en el desarrollo de esta investigación se presentaron limitaciones tales como la rotación del personal sin previo aviso, lo que ocasionó un caos en el área, ya que no estaban preparados para situación. Por ello, se dificultó la entrega oportuna de la información relevante del proceso. También, la utilización de estudiantes para la revisión de trabajos de grado conlleva a que los funcionarios de la biblioteca se encuentren en un constante desgaste con estos estudiantes, ya que por sus obligaciones académicas muchas veces no cumplen con sus responsabilidades en el proceso. Además, se evidenció la complejidad de tener un contacto directo con estos estudiantes, puesto a que no tenían información oportuna de estos.

Es pertinente mencionar que se realizó la socialización del proyecto con los diferentes líderes del proceso, quienes otorgaron la aprobación de las propuestas, pero sugirieron que la propuesta de “Definir límite de tiempo para las correcciones del documento de trabajo de grado por parte de los estudiantes”, es difícil de implementar en el futuro porque el área no tiene el dominio ni la responsabilidad para estipular un tiempo límite al estudiante y cancelar el proceso si este no cumple, no obstante, el principio de la metodología Lean Six Sigma es trabajar sobre las características críticas de la calidad y para este proyecto uno de ellos, fue el tiempo de correcciones, por ello, se decide dejar planteada esta propuesta.

REFERENCIAS

- [1] P. Reyes. “Manufactura Delgada (Lean) y Six Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones”. *Contaduría y administración*, Vol. 205, pp. 51-69. junio 2002.
- [2] L. Padilla. “Lean Manufacturing”. *Revista Ingeniería Primero*. Vol. 15, pp. 64-69. enero 2010.
- [3] C. Archila, & M. Arias, “Lean servicios aplicado en los procesos administrativos de la coordinación de proyecto social universitario y práctica profesional de la carrera de ingeniería industrial de la pontificia Universidad Javeriana”. (tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 2013.
- [4] J. Hess & B. Benjamín. “Applying Lean Six Sigma within the University: Opportunities for Process Improvement and Cultural Change”.

International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 6, no. 3, pp. 249-262. Agosto 2015. DOI: 10.1108/IJLSS-12-2014-0036

- [5] D. Guerrero, J. A. Silva, & C.C. Bocanegra. "Revisión de la implementación de Lean Six Sigma en Instituciones de Educación Superior". *Ingeniare*, vol. 27, no. 4, pp. 652-667. Diciembre 2019. DOI: 10.4067/S0718-33052019000400652
- [6] P. S. Pande, R.P. Neuman, & R. R. Cavanagh. "Las claves prácticas de Six Sigma". Madrid - España. Mc Graw Hill, (2004)
- [7] C.F. Gómez. "Métodos cualitativos para estudiar a los usuarios de la información". México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.
- [8] M. Vergel & J. Martínez. "Filosofía gerencial Six Sigma en la gestión universitaria". *Revista FACE*, 15(2), 99-106, 2015. DOI: 10.24054/01204211.v2.n2.2015.1619
- [9] D. Guerrero, & C.C. Bocanegra, "Modelo lean Six Sigma para el mejoramiento continuo en el sector educativo" en IV Congreso Internacional Industria y Organizaciones, CIO 2017. Universidad De Antioquia. Medellín. 2017.
- [10] J. Hernández, & A. Vizán. "Lean Manufacturing". Madrid: Fundación EOI, 2013.
- [11] C.C. Gómez. "Aplicación de un modelo Lean Six Sigma Orientado a la mejora de la productividad en una empresa del sector de cuero de Cali". (tesis de grado) Cali: Universidad Autónoma de Occidente. 2019.
- [12] M. Díaz. Estadística inferencial aplicada. 1.ª ed. Barranquilla, Colombia: Editorial Universidad del Norte, 2019
- [13] P. S. Pande, R.P. Neuman, & R. R. Cavanagh. "Las claves prácticas de Six Sigma". Madrid - España. Mc Graw Hill, (2004)
- [14] M. Arango, & B. Ángel. "Plan de Implementación Six Sigma en el proceso de una institución de educación superior". *Prospect*, vol.10, no. 2, pp. 13-21, diciembre 2012. DOI: 10.15665/tp.v10i2.228
- [15] D.M. Cuartas, & E. Zemanate. "Aplicación de la metodología Six Sigma con la estrategia DMAIC para el mejoramiento de procesos en la unidad de cuidados intensivos de recién nacidos de centro médico Imbanaco". (tesis de grado). Fundación Universitaria Católica Lumen. Cali, Valle. 2016.



Claudia Cecilia Peña Montoya. Doctora en Ingeniería, Magister en Administración, Especialista en Logística, Ingeniera Industrial. Sus intereses de investigación son la logística inversa, cadenas de suministro sostenible, gestión de operaciones, sostenibilidad, mejora continua, lean management. Es investigadora y docente de programas de pregrado y posgrado. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5167-5145>



María Alejandra Rodríguez Mera. Candidata a Magister en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Industrial. Con experiencia en Gestión del Talento Humano, Gestión de Calidad, Mejora continua y Servicios Públicos.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7928-4082>



David Guerrero Moreno MBA, Ingeniero Industrial, especialista en Ingeniería de Operaciones con 12 años de experiencia en Gestión de Procesos y Operaciones, Gestión de Calidad, Optimización, Mejora Continua, Análisis Estadístico y Planeación Estratégica en las industrias de Petróleo & Gas, Educación, Alimentos, Salud y Automotriz. Certificación Black Belt en Six Sigma, Auditor con experiencia en ISO 9001:2015 y Buenas Prácticas de Laboratorio ISO 17025:2017. Bilingüe inglés-español.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5004-6881>



Juan Camilo García Jiménez. Estudiante de Doctorado en Proyectos, Magister en Ingeniería de la Gestión, e Ingeniero Electrónico. Actualmente sus intereses de investigación tienen un enfoque a la aplicación de modelos científicos con herramientas de ingeniería para el desarrollo de empresas y teoría organizacional.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2946-3570>