

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN LA
MEJORA DE PROCESOS

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero de Ejecución en
Gestión de la Calidad

Alumno:

Héctor I. Pizarro Villalobos

Profesora Guía:

Evelyn P. Alfaro Carrasco

2023

Mamá, papá, no hay palabras suficientes para expresar mi profundo agradecimiento por su inquebrantable apoyo a lo largo de mi trayectoria universitaria. Su amor, orientación y sacrificio han sido el faro que me ha guiado en los momentos desafiantes. Anita, querida hermana, gracias por ser mi compañera de vida y por alentarme en cada paso. Tu apoyo ha sido sumamente valioso, y compartir este viaje contigo ha hecho que cada logro sea aún más significativo. A mis compañeros y amigos de la universidad, son el tejido que ha enriquecido mi experiencia. Cada risa compartida, cada desafío superado juntos, ha sido un regalo invaluable, han sido mi red de seguridad y fuente de inspiración, su amistad ha sido un regalo preciado. En cada desafío académico y personal, su apoyo ha sido la chispa que iluminó mi camino. Este logro no es solo mío; es el resultado de un esfuerzo colectivo y del amor generoso que he recibido de todos ustedes. Estoy eternamente agradecido por cada palabra amable, cada gesto alentador y cada momento compartido. Con

gratitud,

Héctor Pizarro

RESUMEN

Palabras claves: metodología DMAIC, Cultura organizacional, Seis Sigma, Mejora continua, Resistencia al cambio.

A través de una revisión documental bibliográfica la tesis aborda diversos aspectos clave, desde una contextualización hacia el mundo de la mejora continua en su primer capítulo. En el capítulo 2 se aborda por completo la metodología DMAIC, dando información detallada de cómo funciona su estructura, sus herramientas más útiles, como así también los beneficios y limitaciones que hay que tener en cuenta a la hora de elegir implementar esta metodología. Finalmente se trata la transición de un modelo empresarial convencional a un enfoque Seis Sigma, se destacan temas como la resistencia al cambio hasta la adaptación de la cultura organizacional y la integración con sistemas de calidad existentes. Se enfatiza la importancia de la selección y formación del personal como elementos críticos para el éxito de la implementación de Lean Seis Sigma. La medición del éxito y el retorno de la inversión se presentan como indicadores esenciales para evaluar el impacto de las mejoras implementadas. Los casos de estudio detallados en la tesis ilustran la aplicabilidad y efectividad de DMAIC en la solución de problemas específicos, como la pérdida de material y tiempos muertos en la producción de neumáticos. Se identifican desafíos como la resistencia al cambio y se proponen estrategias, como la comunicación transparente y la participación del personal, para abordarlos. Esta investigación no solo resalta los beneficios tangibles de la implementación de Lean Seis Sigma, sino que también proporciona recomendaciones fundamentadas para guiar a otras organizaciones en su búsqueda de mejora continua y excelencia operativa.

ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: MARCO CONCEPTUAL.....	11
1. MARCO CONCEPTUAL	12
1.1. CONTEXTO	12
1.2. CALIDAD.....	12
1.3. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	13
1.4. SEIS SIGMA (SIX SIGMA O 6 Σ)	14
1.4.1. Orígenes	17
1.4.2. Adopción y Evolución	17
1.4.3. Consolidación Académica y Normativa	18
1.5. RELACIÓN ENTRE ISO 9001:2015 Y DMAIC.....	18
1.6. CULTURA ORGANIZACIONAL.....	19
1.7. CICLO DEMING.....	23
1.8. RELACIÓN ENTRE DMAIC Y PHVA	24
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	28
2. MARCO TEÓRICO.....	29
2.1. LA METODOLOGÍA DMAIC	29
2.2. PROPÓSITO.....	29
2.3.1. Definir	31
2.3.2. Medir.....	33
2.3.3. Analizar.....	35

2.3.4.Mejorar.....	37
2.3.5. Controlar	39
2.4. HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS ASOCIADAS CON DMAIC	40
2.5. BENEFICIOS Y LIMITACIONES	42
2.5.1.Beneficios	43
2.5.2.Limitaciones.....	43
CAPÍTULO 3: TRANSICIÓN DE UN MODELO EMPRESARIAL	
CONVENCIONAL A UN ENFOQUE SEIS SIGMA.....	45
3.1. RESISTENCIA AL CAMBIO.....	46
3.2. ADAPTACIÓN DE CULTURA ORGANIZACIONAL	48
3.3. SELECCIÓN Y FORMACIÓN DEL PERSONAL	49
3.4. INTEGRACIÓN CON SISTEMAS DE CALIDAD EXISTENTES	51
3.5. MEDICIÓN DEL ÉXITO Y RETORNO DE LA INVERSIÓN.....	52
3.6. ESTUDIOS DE CASO	53
3.6.1 Aplicación De La Metodología DMAIC Al Proceso De Requerimiento De Materiales Caso Aplicado Empresa Goodyear Chile	53
3.6.2. Aplicación De Metodología DMAIC Para La Reducción De Pérdidas Y Mejora De Procesos En Industria Manufacturera De Neumáticos	57
3.6.3. Análisis Mejores Prácticas	61
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo PHVA.....	24
Figura 2 comparación de las fases del ciclo PHVA con DMAIC.....	25
Figura 3 metodología DMAIC.....	31
Figura 4 Cuadro de proyecto o Project Chart.....	32
Figura 5 Detalle del diagrama SIPOC.....	33
Figura 6 Ejemplo de diagrama de Ishikawa.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación entre DMAIC y PHVA.....	26
Tabla 2 Herramientas empleadas en DMAIC.....	41
Tabla 3 Resumen de la metodología DMAIC en caso 3.6.1.	54
Tabla 4 Resumen de la metodología DMAIC en caso 3.6.2.	58

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍA

ANOVA: Analysis Of Variance.

CEP: Control Estadístico de Procesos.

CTQ: Critical to Quality.

DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve y Control.

DOE: Design Of Experiments.

ISO: International Organization for Standardization.

PHVA: Planificar, Hacer, Verificar, Actuar.

SIPOC: *Suppliers, Inputs, Process, Outputs y Customers.*

SGC: Sistema de Gestión de la Calidad.

TIR: Tasa interna de retorno

VAN: Valor actual neto.

INTRODUCCIÓN

En un contexto empresarial caracterizado por la búsqueda constante de eficiencia y calidad, la implementación de metodologías probadas se convierte en un imperativo estratégico. Este estudio se sumerge en la aplicación de Lean Seis Sigma, específicamente en la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), en el sector manufacturero, se hace una revisión contextual de las materias más importantes relacionadas con la metodología DMAIC, en donde se describen temas como calidad, sistema de gestión de la calidad, seis sigma abordando sus orígenes, la relación entre DMAIC y la ISO 9001:2015, la relación entre DMAIC y PHVA, el ciclo de Deming, y la cultura organizacional. además de un análisis exhaustivo de la metodología DMAIC, viendo sus beneficios y limitaciones. Centrándose en casos específicos en la industria de neumáticos. El paradigma de Lean Seis Sigma ha emergido como un enfoque integral para la mejora continua y la optimización de procesos en diversas industrias. Su aplicación sistemática, como se ilustra en los casos de estudio en la empresa Goodyear Chile, proporciona una estructura robusta para abordar desafíos complejos en la producción. La investigación se justifica en la relevancia crítica de la eficiencia operativa en el sector manufacturero, donde incluso pequeñas mejoras pueden traducirse en ahorros significativos y un aumento en la calidad del producto. La adopción de DMAIC se presenta como un medio para no solo abordar problemas operativos específicos, como la pérdida de material y tiempos muertos, sino también para cultivar una cultura organizacional arraigada en la mejora continua. A través de un análisis detallado de dos casos específicos, este estudio no solo busca destacar los beneficios tangibles de la implementación de DMAIC sino también arrojar luz sobre los desafíos inherentes y las prácticas efectivas que han surgido en el proceso. La formación integral, la colaboración interdisciplinaria y el compromiso

de la alta dirección emergen como elementos clave en el éxito de estas iniciativas. La investigación avanza desde la resistencia al cambio hasta la adaptación de la cultura organizacional y la integración con sistemas de calidad existentes. Además, se explora la selección y formación del personal como factores críticos para la efectividad de Lean Seis Sigma. La medición del éxito y el retorno de la inversión se destacan como indicadores esenciales para evaluar la eficacia de las mejoras implementadas. En última instancia, esta investigación no solo pretende arrojar luz sobre los resultados obtenidos en casos específicos, sino también ofrecer recomendaciones fundamentadas que puedan guiar a otras organizaciones en su viaje hacia la mejora continua y la excelencia operativa en el contexto de Lean Seis Sigma.

OBJETIVO GENERAL

- Analizar la literatura existente relacionada con la metodología DMAIC en la mejora de procesos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar la evolución de la metodología DMAIC desde sus orígenes hasta su estado actual.
- Explorar el marco teórico de DMAIC, incluyendo sus cinco fases y las herramientas clave utilizadas en cada una.
- Evaluar la aplicación práctica de DMAIC en contextos empresariales.

JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

La metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve y Control) desde ahora llamada Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Desempeña un papel esencial en la mejora de procesos y la gestión de la calidad en organizaciones de todo tipo. Su estudio es fundamental para impulsar la eficiencia, la competitividad y la satisfacción del cliente. Esta investigación busca analizar en profundidad la evolución histórica de DMAIC y su aplicación práctica, proporcionando conocimientos valiosos para la optimización de procesos en un entorno empresarial en constante cambio.

CAPÍTULO 1: MARCO CONCEPTUAL

1. MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se buscó bibliografía de diversas literaturas para contextualizar los temas relacionados a la metodología DMAIC, se trataron temas como contexto, calidad, sistema de gestión de la calidad, seis sigmas, relación entre ISO 9001 y DMAIC y cultura organizacional.

1.1. CONTEXTO

En un mundo cada vez más competitivo y en constante evolución, la búsqueda de la excelencia operativa y la mejora continua se ha convertido en una prioridad estratégica para las organizaciones en todos los sectores. La eficiencia en los procesos y la entrega de productos y servicios de alta calidad son elementos cruciales para mantener la ventaja de las industrias y satisfacer las demandas cambiantes de los clientes. En este contexto, la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se ha destacado como una herramienta esencial en la gestión de la calidad y la optimización de procesos. Este capítulo introductorio establecerá el marco general de esta tesis, explorando la importancia de la mejora de procesos y la relevancia de DMAIC para esta investigación.

1.2. CALIDAD

Calidad es la medida en la que un objeto, ya sea un producto, servicio, proceso, persona, organización, sistema o recurso, presenta un conjunto de características inherentes que no solo cumplen, sino que idealmente exceden, las expectativas y requisitos establecidos por los usuarios

o partes interesadas (Mayoral & Morales, 2022). Esta percepción de calidad está intrínsecamente ligada a la capacidad de satisfacer necesidades, generar valor y asegurar la conformidad en diferentes contextos y aplicaciones. La calidad por tanto no es estática ni absoluta, sino que puede variar según la perspectiva, las necesidades y el entorno en el que se evalúe.

1.3. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

Según la ISO 9000:2015, un sistema de gestión de la calidad (SGC) se define como una estructura organizada que permite a las empresas supervisar y administrar su rendimiento en relación con la calidad. Al implementar procesos, procedimientos, responsabilidades y recursos interrelacionados, el SGC tiene como objetivo asegurar la satisfacción del cliente y de otras partes interesadas al cumplir de manera constante con sus necesidades y expectativas (International Organization for Standardization, 2015).

Las principales características de un SGC son:

1. Enfoque centrado en el cliente: Se reconoce al cliente como el eje central del sistema, buscando siempre su satisfacción.
2. Liderazgo y compromiso: La alta dirección debe demostrar un compromiso con la calidad, proporcionando dirección y apoyo para el SGC.
3. Enfoque basado en procesos: Se identifican y gestionan los procesos interrelacionados como un sistema, lo que facilita la obtención de resultados consistentes y predecibles.
4. Mejora continua: Es un pilar fundamental del SGC. La organización busca constantemente formas de mejorar sus procesos y productos.

5. Toma de decisiones basada en evidencia: Las decisiones se toman con base en datos y análisis, no en suposiciones o intuiciones.
6. Relación mutuamente beneficiosa con proveedores: Se reconoce la importancia de mantener relaciones positivas con proveedores para garantizar la calidad en toda la cadena de suministro (International Organization for Standardization, 2015).

Las Normas ISO, como la ISO 9001, representan un estándar global para la gestión de calidad. Estas normas proporcionan directrices y herramientas para garantizar que los productos y servicios de una organización sean consistentemente buenos y cumplan con las expectativas del cliente y otros requisitos reglamentarios. La adopción de un SGC basado en estas normas puede brindar a las organizaciones una ventaja competitiva, mejorando su eficiencia, reduciendo errores y aumentando la satisfacción del cliente.

Es importante destacar el mencionar que, mientras la calidad se refiere a la adecuación de un producto o servicio para satisfacer las necesidades del cliente, un SGC se centra en garantizar que los procesos y sistemas que producen ese producto o servicio sean robustos, confiables y consistentes (Mayoral & Morales, 2022).

1.4. SEIS SIGMA (SIX SIGMA O 6σ)

La metodología Seis Sigma es una estrategia sistemática basada en datos que tiene como finalidad mejorar la calidad tanto en los procesos productivos como en los de servicio. Su enfoque se centra en la identificación y eliminación de las causas de defectos o errores, con el objetivo de reducir la variabilidad en los procesos. Se busca lograr una producción que se acerque al estándar

de no más de 3.4 defectos por millón de oportunidades, representando así un nivel de rendimiento Seis Sigma (Mayoral & Morales, 2022).

Además, se destaca que Seis Sigma sigue los siguientes paradigmas:

- Enfoque en el cliente: Se orienta hacia la satisfacción del cliente y la mejora de la calidad del producto o servicio.
- Medición y análisis estadístico: Utiliza herramientas estadísticas para analizar datos, identificar problemas y medir mejoras.
- DMAIC: Seis Sigma sigue un enfoque metodológico llamado DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar e Controlar), que sirve como una hoja de ruta para la mejora de procesos.
- Roles definidos: En las organizaciones que implementan Seis Sigma, existen roles específicos como Green Belts, Black Belts y Master Black Belts, que representan diferentes niveles de formación y experiencia en la metodología.
- Integración con Lean: En muchos casos, Seis Sigma se combina con la metodología Lean (Lean Six Sigma), que se centra en la eliminación de desperdicios en procesos. Juntos, buscan mejorar la eficiencia y calidad. (Mayoral & Morales, 2022).

El impacto de Seis Sigma en el mundo empresarial ha sido notable. Numerosas empresas han adoptado esta metodología para mejorar la calidad, reducir costos y mejorar la satisfacción del cliente. Motorola, como se mencionó, es uno de los ejemplos más destacados del éxito de Seis Sigma dado que en 1988 ganaron el premio de calidad Malcom Baldrige, pero otras empresas líderes, como General Electric y Honeywell, también han obtenido beneficios significativos al implementar esta metodología. Un caso práctico es el de General Electric objeto de admiración, su rápida transformación hacia la excelencia operativa ha dejado perplejos a muchos. La clave de

este éxito radica en la adopción exitosa de Seis Sigma, una metodología que revolucionó por completo su enfoque y procesos operativos.

Los pasos que GE siguió fueron los siguientes:

- Compromiso de la alta dirección: Desde la cúpula directiva, liderada por el visionario CEO Jack Welch, se estableció un compromiso apasionado con Six Sigma. Esta determinación desde arriba inspiró a todos los empleados de GE a perseguir la excelencia en calidad y eficiencia.
- Formación y capacitación: Reconociendo el poder del conocimiento, GE invirtió en una academia interna de Six Sigma. Aquí, los empleados recibieron formación especializada en las herramientas y técnicas de Six Sigma, desde los Cinturones Verdes hasta los Cinturones Negros y los Master Black Belts. Se implementó un sistema de incentivos y reconocimiento para aquellos que lograron mejoras significativas a través de Seis Sigma.
- Selección de proyectos y equipos: La clave fue identificar proyectos estratégicos en diversas áreas de la empresa que pudieran tener un impacto significativo en la calidad y la satisfacción del cliente. Se formaron equipos multidisciplinarios, respaldados por patrocinadores ejecutivos, para abordar estos desafíos y aprovechar su creatividad y experiencia colectiva.
- Aplicación de la metodología DMAIC: Los equipos siguieron la metodología DMAIC, utilizando herramientas como análisis estadísticos y diagramas de causa-efecto para identificar las raíces de los problemas y desarrollar soluciones innovadoras que marcaron la diferencia.

Obteniendo como resultados un ahorro de más de dos mil millones de dólares en el año 1999 y más de diez mil millones de dólares en 5 años. (Enciende la Luz, 2023).

La consolidación de Seis Sigma como un proceso de mejora de negocio a través de la norma ISO 13053:2011 es una prueba adicional de su importancia y eficacia en la mejora de procesos y sistemas de calidad en diferentes industrias y sectores (Barrera, Feitó, & Cespón, 2022).

1.4.1. Orígenes

El término "Sigma" proviene del ámbito de la estadística y se refiere a una medida de la variabilidad o dispersión de un conjunto de datos. En la gestión de procesos, "Seis Sigma" denota un nivel extremadamente alto de calidad, específicamente a no más de 3.4 defectos por millón de oportunidades. La génesis de la metodología Seis Sigma se encuentra en Motorola. En la década de 1980, Motorola enfrentaba una intensa competencia y desafíos de calidad. Bill Smith, un ingeniero de la compañía, introdujo Seis Sigma como un enfoque de calidad basado en la medición y la estadística en 1986. La meta era simple pero ambiciosa: lograr niveles de defectos extremadamente bajos (Iracheta, 2017).

1.4.2. Adopción y Evolución

La eficacia de Seis Sigma en Motorola llamó la atención de otras corporaciones. Jack Welch, entonces CEO de General Electric, fue uno de los más influyentes defensores de la metodología. A mediados de la década de 1990, General Electric adoptó Seis Sigma como su estrategia central de mejora de procesos, lo que impulsó su popularidad en el mundo corporativo. La metodología se ha adaptado y evolucionado a lo largo de los años. Una notable evolución ha

sido la combinación de Seis Sigma con los principios de la metodología Lean, que se centra en la eliminación de desperdicios. Esta fusión, conocida como Lean Six Sigma, busca combinar la eficiencia y la calidad. (Iracheta, 2017).

1.4.3. Consolidación Académica y Normativa

La importancia y eficacia de Seis Sigma en la mejora de procesos y sistemas de calidad en diversas industrias se refleja en su reconocimiento formal por parte de organismos de normativas. En 2011, la International Organization for Standardization (ISO) consagró Seis Sigma como un proceso de mejora de negocio a través de la norma ISO 13053:2011, (Equipo editorial, Etecé, 2023).

1.5. RELACIÓN ENTRE ISO 9001:2015 Y DMAIC

La norma ISO 9001:2015 y la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) comparten un objetivo central: mejorar la calidad y eficiencia de los procesos empresariales. Mientras que la ISO 9001:2015 establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad efectivo, proporcionando un marco sólido para la documentación, implementación y mejora de procesos, DMAIC, una parte integral de la metodología Seis Sigma, ofrece un enfoque estructurado para abordar problemas específicos, medir el rendimiento actual, analizar datos y tomar decisiones basadas en evidencia. La combinación de ambas metodologías puede ser altamente sinérgica, ya que la ISO 9001 establece los principios de gestión de la calidad que se alinean con los pasos de la metodología DMAIC. Esto permite a las organizaciones no solo cumplir

con estándares de calidad reconocidos internacionalmente, sino también optimizar procesos y lograr una mejora continua en la calidad y satisfacción del cliente. La integración de ISO 9001:2015 y DMAIC, según se discute en el artículo "Integration of ISO 9001:2015 and Six Sigma DMAIC to Enhance Business Performance" publicado en el International Journal of Engineering Science and Computing, puede brindar a las empresas una ventaja competitiva al fomentar la eficiencia, reducción de defectos y adaptación ágil a las cambiantes necesidades del mercado (Marques et al., 2016).

1.6. CULTURA ORGANIZACIONAL

La cultura organizacional, entendida como el conjunto de valores, creencias y comportamientos compartidos por los miembros de una organización, desempeña un papel fundamental en el éxito de la implementación de los principios de calidad. En el marco de la gestión de Deming, se explican los 14 puntos para la gestión que proporcionan una guía sólida para la transformación cultural (Deming, 1986). La adopción de estos principios implica un cambio profundo en la mentalidad de la organización. Primero, se destaca la importancia de la constancia en el propósito, un compromiso a largo plazo con la mejora continua. Esto implica no solo buscar soluciones rápidas, sino también cultivar una mentalidad de aprendizaje constante. La dirección debe liderar este cambio, inculcando la responsabilidad y la participación de todos los miembros de la organización. La adopción de la filosofía de Deming implica una transformación hacia la toma de decisiones basada en datos y hechos más que en suposiciones. Esto requiere un cambio en la cultura hacia la transparencia y la confianza en la información objetiva. Asimismo, se subraya la importancia de romper las barreras entre departamentos y fomentar la cooperación. La

eliminación del miedo al señalar problemas fomenta una cultura donde la retroalimentación es valorada como una oportunidad de mejora. La relación con los proveedores es esencial, considerándolos como socios en lugar de simples transacciones comerciales. Esta perspectiva contribuye a una cadena de suministro más eficiente y colaborativa. La formación y educación continua son elementos clave para el desarrollo del personal, lo que impacta directamente en la calidad del trabajo y la adaptabilidad a los cambios (Miranda, 2007).

La cultura organizacional se basa en los siguientes puntos:

- Fomentar un compromiso constante con la mejora de productos y servicios, con la meta de alcanzar competitividad sostenible, mantenerse en el mercado y generar empleo.
- Asimilar la filosofía actual. Estamos inmersos en una era económica distinta. Los líderes occidentales deben reconocer este desafío, comprender sus responsabilidades y asumir el liderazgo para efectuar cambios.
- Reducir la dependencia de la inspección como medio para alcanzar la calidad. Eliminar la necesidad de inspección masiva al integrar la calidad directamente en el producto desde el principio.
- Poner fin a la estrategia de llevar a cabo transacciones basadas únicamente en el precio. En su lugar, buscar minimizar el costo total. Favorecer la consolidación de proveedores para cada artículo, estableciendo relaciones a largo plazo basadas en la lealtad y la confianza.
- Innovar de forma continua y constante en el sistema de producción y servicio, con el propósito de elevar la calidad, aumentar la productividad y lograr una reducción constante de costos.

- Implantar la formación en el trabajo, ya que se hace necesaria la formación de todos los miembros de la organización, tanto directivos como así nuevos empleados, para así lograr que todos tengan conocimiento de cómo llevar a cabo de la mejor manera su actividad.
- Implantar el liderazgo dado que la gestión requiere que los directores sean verdaderos líderes. Para ello será necesario formar adecuadamente a estos nuevos líderes para que no persigan al que cometa un error, sino que colaborar con él para buscar la causa del error y evitar que vuelva a repetirse.
- Eliminar el temor a preguntar y a equivocarse y acabar con los problemas de seguridad laboral. Nuevamente en este punto juega un papel clave el liderazgo de la alta dirección para lograr un clima de confianza entre el personal.
- Derribar las barreras entre los departamentos. Los individuos en investigación, diseño, ventas y producción deben colaborar en equipo para anticipar posibles problemas durante la producción y el uso del producto o servicio.
- Abandonar los eslóganes, exhortaciones y metas que solicitan a la mano de obra alcanzar cero defectos y niveles de productividad más altos. Estas exhortaciones generan relaciones adversas, ya que la mayoría de las causas de baja calidad y productividad están arraigadas en el sistema y, por lo tanto, escapan al control directo de la mano de obra.
- Eliminar los cupos numéricos para la mano de obra y los objetivos numéricos para los directivos y sustituirlos por el liderazgo y la mejora continua. Los objetivos numéricos son incompatibles con la nueva filosofía de la mejora continua, ya que

una vez alcanzados se pierde la motivación por seguir mejorando y su cumplimiento puede llevar a una pérdida de calidad del producto.

- Eliminar las barreras que impiden que las personas estén orgullosas de su trabajo, entre estas barreras se encuentran la evaluación anual de rendimientos que solo tiene en cuenta el resultado final y no el tiempo dedicado a mejorar el proceso o a colaborar con otros compañeros. Derrumbando estas barreras se consigue que se incremente la motivación y se mejore el clima laboral.
- Los miembros de la organización deben constantemente mejorar su educación (ampliando sus conocimientos más allá de las habilidades específicamente relacionadas con su puesto de trabajo) y la dirección debe colaborar con dicho desarrollo personal de sus empleados, ya que todos pueden y deben aportar ideas para la mejora de su puesto de trabajo.
- Todo el personal de la empresa debe estar implicado en la mejora y para ello es útil la creación de una nueva estructura organizativa. La dirección debe asumir sus responsabilidades comunicando a todo el personal el cambio en la filosofía con base en los puntos anteriores, haciéndoles ver la importancia de su trabajo en la fabricación del producto final y estimulando la creación de equipos de trabajo (Miranda, 2007).

La cultura organizacional influye en cómo se implementan estos puntos. Un enfoque participativo, donde todos los miembros tienen un papel activo en el proceso de mejora continua, refleja una cultura que valora la diversidad de perspectivas. En este sentido, la cultura organizacional y los 14 puntos de Deming están interconectados, siendo la cultura el catalizador para la aplicación efectiva de estos principios. (Deming, 1986).

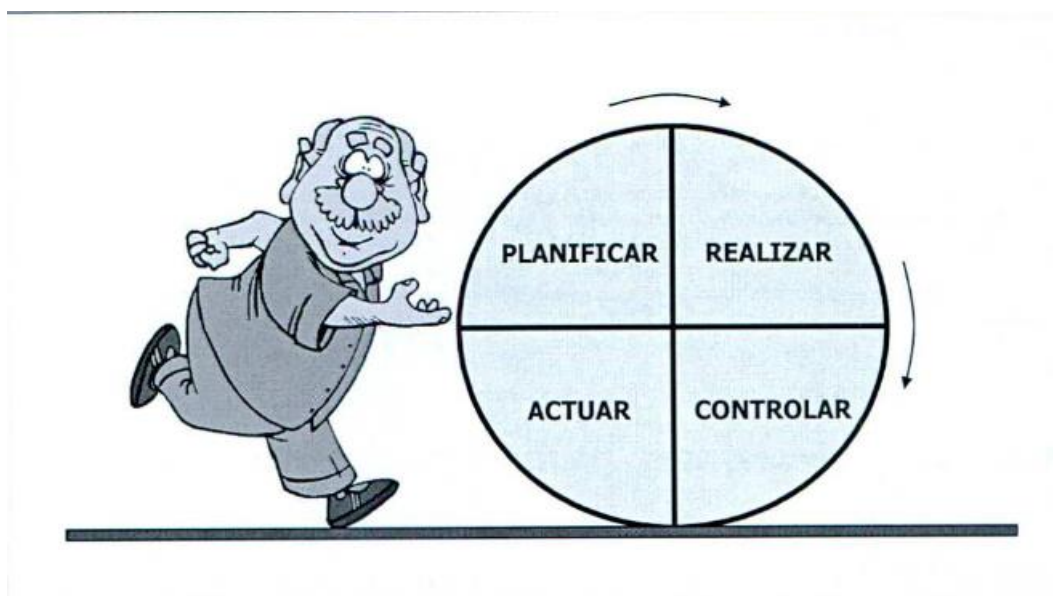
1.7. CICLO DEMING

El Ciclo de Deming, también conocido como PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), representa un modelo cíclico desarrollado por el estadístico W. Edwards Deming que ha ejercido una notable influencia en la gestión de la calidad y la mejora continua. En la fase inicial, Planificar, se lleva a cabo la identificación de metas y la planificación de acciones para alcanzarlas. La fase Hacer implica la implementación de las acciones previamente planificadas. Posteriormente, en la fase Verificar, se evalúan los resultados y se comparan con los objetivos establecidos. La última fase, Actuar, se centra en la toma de decisiones basada en la evaluación, implementando cambios necesarios y planificando la siguiente iteración del ciclo (Miranda, 2007).

Una vez concluido el ciclo, este se reinicia, aprovechando el conocimiento acumulado de la iteración anterior, como se ilustra en la figura 1. Este enfoque proporciona un marco estructurado para la mejora continua en cualquier proceso. Deming subraya la importancia de la retroalimentación y la adaptación, destacando que el proceso de mejora es interminable. El ciclo PHVA se ha consolidado como un pilar en la gestión de calidad, resaltando la relevancia de la reflexión sistemática y la adaptabilidad en la búsqueda de la excelencia operativa. Este enfoque ha sido adoptado en diversas disciplinas, emergiendo como un modelo efectivo para la gestión de procesos y la optimización continua en organizaciones de todo tipo (Miranda, 2007).

Figura 1

Ciclo PHVA



Fuente: (Miranda, 2007).

1.8. RELACIÓN ENTRE DMAIC Y PHVA

La relación entre la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) y el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) es un tema de relevancia en la gestión de calidad y mejora continua de procesos. Ambos enfoques comparten similitudes, pero también presentan diferencias clave. En el artículo "Metodología Six Sigma. Comparación entre ciclo PHVA y DMAIC" de Pons, Gisbert, y Pérez (2018), se aborda esta relación. Ambos ciclos comparten una estructura similar, y aunque la secuencia de pasos puede variar, la esencia es parecida y como se ve en la figura 2. Las distintas fases del DMAIC se pueden acoplar a las del ciclo PHVA.

Figura 2

Comparación de las fases del ciclo PHVA con DMAIC

PDCA	DMAIC
Planificar	Definir
	Medir
	Analizar
Hacer	Mejorar
Verificar	Controlar
Actuar	

Fuente: (Pons, Gisbert, & Pérez, 2018).

Mientras que el ciclo PHVA se centra en la mejora continua general, el DMAIC está específicamente diseñado para abordar problemas y oportunidades de mejora de manera más detallada y específica. El DMAIC amplía el enfoque PHVA al incorporar técnicas estadísticas más avanzadas en las fases de Medir, Analizar y Controlar. Esto permite una mayor precisión en la identificación y solución de problemas. La fase "Mejorar" del DMAIC es donde se aplican soluciones y se verifica su efectividad, reflejando la fase "Hacer" del ciclo PHVA, pero con un énfasis particular en la optimización. A continuación, en la siguiente tabla 1. se abordan las características de cada metodología. Entregando esta comparación una comprensión más profunda de cómo estas metodologías se complementan y mejoran entre sí, brindando una visión más completa del proceso de mejora continua en contextos específicos (Pons, Gisbert, & Pérez, 2018).

Tabla 1
comparación DMAIC Y PHVA

Aspecto	DMAIC	PHVA
Origen	Originado en Seis Sigma, introducido por empresas como Motorola.	Desarrollado por Dr. W. Edwards Deming, a menudo se le llama el "Ciclo de Deming".
Fases	Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.	Planificar, Hacer, Verificar, Actuar.
Enfoque	Centrado en la mejora de procesos y reducción de variabilidad utilizando herramientas estadísticas.	Un ciclo continuo de mejora que se enfoca en identificar y corregir problemas.
Aplicación	Más comúnmente utilizado en proyectos complejos que requieren una solución detallada y análisis profundo.	A menudo aplicado para mejoras continuas y problemas más sencillos en el ámbito operativo.
Estructura	Estructura más formal y detallada, con una metodología claramente definida.	Enfoque más flexible y adaptativo, permitiendo una rápida iteración y adaptación.
Recopilación de Datos	Fuerte énfasis en la recopilación y análisis de datos.	Aunque se basa en datos, el énfasis es en la acción rápida y la iteración.

Duración	Puede ser más largo debido al análisis en profundidad y la naturaleza detallada de cada fase.	Por lo general, es más corto y cíclico, lo que permite revisiones rápidas y ajustes constantes.
Cultura	A menudo requiere una cultura organizacional alineada con Seis Sigma y un compromiso con la formación y certificación.	Más fácil de implementar en diversas culturas organizacionales debido a su naturaleza simple y adaptable.
Objetivo	Optimización de procesos,	Mejora continua, solución
Final	reducción de defectos y mejora del rendimiento.	de problemas y adaptación rápida a los cambios.

Fuente: Elaboración propia con base a los textos de (Pons, Gisbert, & Pérez, 2018).

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO

2. MARCO TEORICO

En este capítulo se describe la metodología DMAIC a profundidad, como así también las herramientas y técnicas asociadas, sus beneficios y limitaciones.

2.1. LA METODOLOGÍA DMAIC

La metodología DMAIC es un enfoque sistemático y estructurado perteneciente al marco de Seis Sigma, orientado a la mejora continua y optimización de procesos. Basándose en técnicas analíticas y herramientas estadísticas, DMAIC busca identificar, evaluar y corregir ineficiencias, variabilidades y defectos en procesos operativos y productivos. La metodología enfatiza una aproximación basada en datos, donde las decisiones se fundamentan en evidencia empírica y análisis cuantitativos, asegurando así intervenciones más efectivas y soluciones duraderas a problemas complejos dentro de las organizaciones. La adopción de DMAIC permite a las entidades mejorar su rendimiento, elevar la calidad de sus productos o servicios, y aumentar la satisfacción del cliente mediante la detección y corrección metódica de áreas problemáticas (Calla Huayapa et al., 2023).

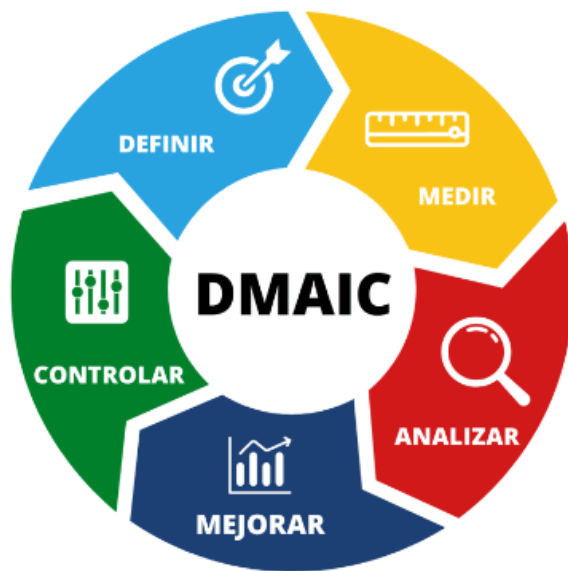
2.2. PROPÓSITO

El propósito principal de la metodología DMAIC es facilitar la mejora continua y sistemática de procesos en organizaciones, identificando y abordando ineficiencias, variabilidades y defectos. Proporciona un marco estructurado para analizar procesos operativos y productivos,

utilizando herramientas analíticas y técnicas estadísticas para fundamentar decisiones en datos y evidencia empírica. Su objetivo es optimizar procesos, mejorar la calidad, reducir costos y, en última instancia, aumentar la satisfacción del cliente y otras partes interesadas. Al proporcionar una estructura secuencial y lógica para abordar problemas complejos, DMAIC busca garantizar soluciones efectivas y sostenibles en diversos contextos organizativos (Mayoral & Morales, 2022).

2.3. LAS 5 FASES

La metodología DMAIC consta de un total de 5 fases, como se identifica en la figura 1. Que ayudan a tener resultados eficientes en las organizaciones, se establecen los objetivos del proyecto, se identifican los problemas y se definen los límites del proceso, se recopilan datos relevantes para evaluar el rendimiento actual del proceso y se identifican áreas que requieren mejoras. Se aplican técnicas estadísticas para comprender las causas subyacentes de los problemas identificados durante la fase de medición. Basándose en el análisis, se desarrollan e implementan soluciones para abordar las causas raíz y mejorar el proceso. Se establecen controles para mantener y monitorear las mejoras implementadas, asegurando la sostenibilidad a largo plazo (Rodríguez J, 2019).

Figura 3*Metodología DMAIC*

Fuente: Instituto Mudanai (2022).

2.3.1. Definir

La fase "Definir" en el enfoque DMAIC es fundamental para establecer una base sólida para cualquier proyecto de mejora. Es en esta etapa donde se toma la decisión estratégica de precisar y delinear el alcance y objetivo del proyecto, asegurando que todos los esfuerzos futuros se alineen con las metas establecidas. Tras la identificación de los procesos que requieren mejora, siguiendo criterios preestablecidos, esta etapa se concentra en tres objetivos clave:

- **Comprensión del Proceso:** Se busca obtener un entendimiento profundo del proceso que se va a mejorar. Esta comprensión se extiende más allá de una visión superficial, sumergiéndose en las interacciones, puntos de contacto y posibles fallos dentro del proceso.

- Especificación de Requisitos Críticos para la Calidad (CTQ): Estos requisitos, vistos como esenciales por los clientes o usuarios finales, se identifican y traducen a partir de sus expectativas y necesidades. Los árboles CTQ son herramientas valiosas en este paso, ya que desglosan estos requisitos en términos claros y medibles, proporcionando una directriz sobre lo que es fundamental para garantizar la calidad desde la perspectiva del cliente.
- Planificación del Proyecto: Se elabora un plan detallado, conocido como cuadro de proyecto o "Project Chart" como se muestra en la figura 4, que sirve como hoja de ruta para la iniciativa. Este documento incorpora toda la información vital del proyecto, desde el alcance y objetivos hasta los recursos necesarios y el cronograma de actividades.

Figura 4

Cuadro de proyecto o Project Chart

CUADRO DEL PROYECTO N°			
Nombre del proyecto:			
Plan de Recursos	Información general	Plan del Proyecto	
BB/GB:	Unidad organizativa:	Lanzamiento	Fecha
Champion:	Objetivo general o de negocio:	Definir	
Miembros del equipo	CTQ's :	Medir	
1		Analizar	
2		Mejorar 1	
3		Mejorar 2	
4		Controlar	
5	Rendimiento actual del proceso:	Resultados	
6		Final	
7			
Visión general del proyecto			
1.- Justificación del proyecto:			
2.- Enunciado del problema:			
3.- Alcance del proyecto:			
4.- Objetivos del proyecto:			
5.- Enfoque del proyecto:			
6.- Recursos complementarios:			
Aprobaciones			
Director funcional o propietario	Fecha	Black o Green Belt	Fecha
Champion	Fecha	Otras aprobaciones	Fecha

Fuente: (Mayoral & Morales, 2022).

Para visualizar y comprender mejor el proceso en cuestión, se utilizan herramientas como los diagramas SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) con su estructura demostrada en la figura 5 y los diagramas de flujo. Estos diagramas no solo ayudan a esquematizar el proceso, sino que también resaltan áreas de mejora potencial. En ese orden de ideas, es esencial que esta fase no concluya de manera aislada. Para asegurar el éxito del proyecto, el líder presenta el cuadro de proyecto al equipo directivo y otras partes interesadas, para obtener la validación y aprobación formal. Esta revisión garantiza que todos los involucrados en la ejecución del proyecto estén alineados y comprometidos con el éxito de la iniciativa (Mayoral & Morales, 2022).

Figura 5

Detalle del diagrama SIPOC



Fuente: SPC Group (2020).

2.3.2. Medir

La fase Medir dentro de la metodología DMAIC representa un punto crítico en la mejora de procesos, pues establece una base cuantitativa sobre la cual se efectuarán análisis y acciones

posteriores. La medida precisa y sistemática de un proceso permite no solo su caracterización y comprensión sino también la identificación de áreas problemáticas y la evaluación objetiva de su rendimiento. Lord Kelvin, un distinguido fisicomatemático, subrayó la importancia de la medición en el ámbito científico al afirmar que la capacidad de cuantificar y expresar fenómenos en términos numéricos es esencial para un entendimiento profundo. Esta perspectiva es igualmente relevante en el contexto de la mejora de procesos, donde el conocimiento detallado y cuantificado es esencial para la toma de decisiones informada (Mayoral & Morales, 2022). Esta etapa se centra en varios objetivos esenciales:

- **Identificación de Resultados Relevantes:** Es vital reconocer cuáles son las métricas o resultados significativos del proceso y sus respectivas etapas para tener claridad sobre qué aspectos se deben medir.
- **Selección del Método de Medición:** Dependiendo de la naturaleza del proceso y las métricas identificadas, se debe determinar la técnica o herramienta más adecuada para capturar datos con precisión.
- **Evaluación del Sistema de Medición:** Antes de recopilar datos en masa, es crucial asegurarse de que los instrumentos o sistemas de medición sean confiables y precisos. Esto implica analizar su capacidad para producir resultados consistentes y veraces.
- **Recopilación de Datos:** Con las herramientas en su lugar, se procede a obtener datos que proporcionen una imagen cuantitativa del proceso, revelando áreas de ineficiencia, defectos o variabilidad.
- **Análisis de Variabilidad:** Identificar áreas o componentes en el sistema de medición que puedan estar contribuyendo a una variación indeseada.

- **Evaluación de la Capacidad del Proceso:** Esta etapa implica determinar si el proceso puede cumplir con las especificaciones o requisitos establecidos, y cuán bien se ajusta a esas especificaciones.

Una tarea esencial durante esta etapa es identificar las variables críticas para la calidad, conocidas como CTQ. Estas variables se derivan de las expectativas y requisitos de los clientes y representan aspectos del proceso que son fundamentales para asegurar la calidad del producto o servicio. A través de un diseño meticuloso y un plan de muestreo, junto con un análisis de fiabilidad y capacidad, esta fase establece una base sólida para las etapas subsiguientes de la metodología, asegurando que cualquier intervención se basa en un conocimiento profundo y cuantitativo del proceso en cuestión (Mayoral & Morales, 2022).

2.3.3. Analizar

Esta etapa de la fase DMAIC es trascendental pues funciona como el eje diagnóstico dentro del proceso de mejora continua. Aquí, no sólo se busca identificar los síntomas superficiales, sino profundizar hasta desvelar las causas raíz que originan defectos e ineficiencias en el proceso en cuestión. Los objetivos centrales de esta fase se centran en:

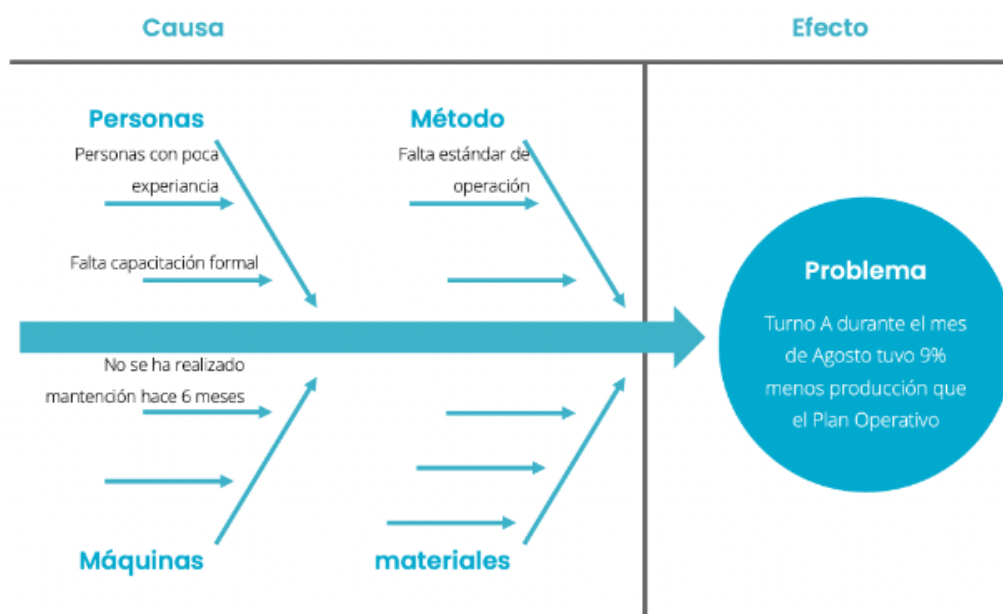
- **Identificación de Causas Potenciales:** Utilizando técnicas como la lluvia de ideas, revisión de datos históricos y el conocimiento experto, se generan listas de posibles causas que podrían estar contribuyendo a los defectos observados.
- **Validación de Causas Principales:** A través de métodos estadísticos inferenciales, como el análisis de regresión, pruebas de hipótesis o pruebas ANOVA, se verifica y confirma cuáles

de las causas previamente señaladas son genuinamente responsables de los defectos o desviaciones.

- Selección y Priorización de Causas Probables: Mediante herramientas visuales y gráficas, tales como el Diagrama de Pareto, el Diagrama de Ishikawa (o Diagrama de Espina de Pescado) el cual se ejemplifica en la figura 6 y gráficos de dispersión, se pueden identificar y priorizar las causas que probablemente tengan el mayor impacto en los problemas del proceso.

Figura 6

Ejemplo de diagrama Ishikawa.



Fuente: Herramientas Lean (2021).

Es fundamental comprender que, en la esencia de la mejora de calidad, la variabilidad actúa como el principal antagonista. Cada defecto, en general, es una manifestación de una variabilidad

no deseada. Al descifrar y abordar las fuentes de esta variabilidad, se crea una oportunidad para intervenciones significativas en fases posteriores. Durante esta etapa, diversas herramientas y técnicas se convierten en aliadas esenciales. Por ejemplo, el Diagrama de Árbol ayuda a explorar todas las soluciones posibles a un problema, mientras que el Diagrama de Afinidad organiza un gran volumen de datos según sus relaciones naturales, facilitando la identificación de áreas problemáticas. Una vez que las causas raíz están claramente identificadas y validadas, la fase siguiente, "Mejorar", se centra en aprovechar este entendimiento profundo. Herramientas avanzadas como el Diseño de Experimentos (DOE) se emplean para determinar las configuraciones óptimas que mitigarán la variabilidad y, en consecuencia, minimizarán o eliminarán los defectos. En esencia, analizar opera como el nexo entre la identificación y la solución de problemas, garantizando que las mejoras propuestas en las etapas subsecuentes de DMAIC se fundamenten en perspectivas profundos y basados en evidencia. Es esta fase la que garantiza que las soluciones implementadas sean tanto pertinentes como efectivas (Mayoral & Morales, 2022).

2.3.4. Mejorar

Esta fase constituye una etapa crítica en el proceso de mejora continua, ya que se centra en el diseño y la implementación de soluciones que aborden directamente las causas raíz identificadas previamente. Esta fase va más allá de la mera identificación de problemas, sumergiéndose en el diseño estratégico de intervenciones efectivas. Los objetivos esenciales de esta fase comprenden:

- **Diseño de Estrategias de Mejora:** Basándose en el análisis profundo realizado en las fases anteriores, se esbozan estrategias que aborden las causas raíz del proceso no óptimo. Es crucial considerar el tipo y la naturaleza de las causas para diseñar estrategias efectivas.
- **Evaluación de Alternativas:** No siempre existe una única solución para un problema particular. La fase "Mejorar" implica la generación y consideración de múltiples alternativas de cambio, cada una de las cuales debe ser evaluada meticulosamente.
- **Uso del Diseño de Experimentos (DOE):** Esta herramienta permite realizar pruebas sistemáticas en condiciones controladas, ayudando a discernir qué alternativas o combinaciones son más efectivas en la reducción de defectos o variabilidades.
- **Análisis Coste-Beneficio:** Cada alternativa de mejora propuesta debe pasar por un riguroso análisis coste-beneficio para determinar su viabilidad y potencial retorno de inversión.
- **Desarrollo del Plan de Mejora:** Una vez que se ha seleccionado la mejor solución, se procede a la elaboración de un plan detallado que establezca las etapas, recursos y cronograma para la implementación.

Para desarrollar soluciones viables, es vital considerar tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos del proceso. Por ejemplo, herramientas como el Diagrama de Causa-Efecto o Ishikawa y la tormenta de ideas pueden ser utilizadas para generar ideas y soluciones potenciales. Además, técnicas de optimización, como el análisis de regresión, pueden ser valiosas para comprender las relaciones entre variables y encontrar configuraciones óptimas. Una vez generadas las soluciones, es esencial priorizarlas. Herramientas como el Diagrama de Decisión o Pugh Matrix pueden ser útiles en este sentido, permitiendo comparar diferentes soluciones basadas en una serie de criterios predefinidos. En líneas generales, esta fase es un pilar central en el proceso DMAIC, donde la teoría se transforma en acción tangible. Las soluciones diseñadas e implementadas en

esta fase tienen el potencial de transformar los procesos, llevándolos de un estado subóptimo a uno de excelencia operativa. La rigurosidad y la metodología aplicada aquí garantizan que las intervenciones sean tanto efectivas como sostenibles a largo plazo (Mayoral & Morales, 2022).

2.3.5. Controlar

En el ámbito DMAIC, esta etapa simboliza el acto final y crucial en la jornada de mejora continua. Si bien las etapas anteriores se centran en identificar, analizar y mejorar, la fase Controlar tiene como objetivo consolidar estos esfuerzos y garantizar que las mejoras implementadas sean sostenibles y eficaces a largo plazo. Los objetivos clave esta fase son:

- **Consolidación de Mejoras:** Una vez que se han identificado y puesto en práctica soluciones efectivas, es esencial asegurarse de que estas mejoras se institucionalicen y se integren completamente en el proceso, evitando la regresión a prácticas anteriores.
- **Diseño de un Sistema de Control:** Para mantener un proceso optimizado, es imperativo implementar un sistema robusto de control que pueda monitorizar y asegurar que el proceso se mantenga dentro de los parámetros deseados. Aquí, el Control Estadístico de Procesos (CEP) es una herramienta vital, proporcionando un mecanismo para rastrear, analizar y corregir variaciones que puedan surgir.
- **Documentación y Comunicación:** Cada proyecto de mejora debe ser adecuadamente documentado, destacando los desafíos, las soluciones implementadas y los beneficios obtenidos. Esta documentación no solo sirve como un registro, sino que también es una herramienta valiosa para la comunicación y la transferencia de conocimientos a otras partes de la organización.

El Control Estadístico de Procesos (CEP) es, sin duda, el corazón de esta etapa. A través de gráficos de control y otros métodos estadísticos, el CEP permite identificar tanto variaciones comunes (inherentes al proceso) como variaciones especiales (anomalías o eventos no comunes). Esta distinción es esencial, ya que las intervenciones y correcciones se basarán en el tipo de variación detectada. Un aspecto adicional de esta etapa es la capacitación y la sensibilización del personal. Asegurarse de que los individuos comprendan, acepten y adopten las mejoras es crucial para la sostenibilidad a largo plazo. La formación regular aunada a la revisión de los protocolos y procedimientos garantizan que las mejoras se mantengan y que el proceso continúe operando de manera óptima. Mientras que las fases anteriores de DMAIC se centran en la identificación y solución de problemas, en esta es donde estas soluciones se consolidan y se protegen. Es el escudo que mantiene a raya la variabilidad y asegura que los beneficios obtenidos a través de arduos esfuerzos de mejora perduren en el tiempo. Es la culminación de un viaje metodológico que refuerza la excelencia operativa y la mejora continua como pilares fundamentales de cualquier organización (Mayoral & Morales, 2022).

2.4. HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS ASOCIADAS CON DMAIC

Para el desarrollo de esta metodología de trabajo existe una serie de herramientas con características específicas que se emplean para facilitar la ejecución de las distintas fases que DMAIC plantea, las más importantes se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2*Herramientas empleadas en DMAIC*

Herramienta	Descripción	Aplicación
Diagrama SIPOC	Representación visual que ofrece una visión general de un proceso desde inicio a fin, identificando proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes.	Útil para definir y delimitar el alcance de un proyecto, identificando principales involucrados y aspectos críticos del proceso.
Diagrama de Flujo de Procesos	Representación gráfica de las etapas y secuencias en un proceso.	Ideal para visualizar y entender el flujo actual de un proceso y proponer mejoras.
Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado o Causa-Efecto)	Diagrama visual que categoriza las causas raíz de un problema en diferentes dominios.	Facilita las sesiones de tormentas de ideas para identificar todas las causas potenciales de un problema particular.
Análisis de Pareto	Basado en el principio 80/20, identifica y prioriza las causas más significativas de un problema.	Esencial para determinar qué problemas o causas deben abordarse primero, basándose en su impacto o frecuencia.

Técnicas Estadísticas	Herramientas cuantitativas como pruebas de hipótesis, análisis de regresión y ANOVA.	Permiten cuantificar las relaciones entre diferentes variables y determinar la significancia estadística de estas relaciones.
Diseño de Experimentos (DOE)	Método sistemático para determinar la relación entre factores que afectan un proceso y las salidas de ese proceso.	Identifica qué variables tienen el mayor impacto en un proceso y determina la configuración óptima de estas variables.
Gráficos de Control	Herramientas del Control Estadístico de Procesos que monitorizan la estabilidad de un proceso a lo largo del tiempo.	Útiles para identificar variaciones en un proceso y distinguir entre variaciones comunes y especiales.
Matriz de Causa y Efecto	Herramienta para comparar y priorizar diferentes soluciones o causas basadas en un conjunto predefinido de criterios.	Evalúa y selecciona soluciones más viables basadas en factores como coste, dificultad de implementación e impacto potencial.

Fuente: Elaboración propia con base a los textos de (Mayoral & Morales, 2022).

2.5. Beneficios y Limitaciones

A lo largo de este estudio se encontraron beneficios y limitaciones en la metodología DMAIC al aplicarse en la mejora de procesos en las diferentes industrias.

2.5.1. Beneficios

- Enfoque Estructurado: proporciona un marco sistemático y estructurado para abordar y resolver problemas, asegurando que todos los aspectos del problema se consideren.
- Basado en Datos: Al centrarse en la recopilación y análisis de datos, permite la toma de decisiones basada en evidencia en lugar de suposiciones o intuición.
- Mejora Continua: El enfoque de DMAIC impulsa la mejora continua en la organización al abordar no solo los síntomas, sino las causas raíz de los problemas.
- Reducción de Variabilidad: tiene un enfoque particular en la reducción de la variabilidad en los procesos, lo que conduce a productos y servicios más consistentes.
- Participación del Equipo: Promueve la colaboración y participación del equipo al involucrar a múltiples partes interesadas en el proceso de resolución de problemas.
- Rentabilidad: La implementación efectiva de esta metodología puede llevar a costos reducidos, mayor eficiencia y, en última instancia, a un aumento en la rentabilidad.
- Adaptable: Aunque originado en la industria manufacturera, DMAIC se ha adaptado y se utiliza en una variedad de sectores, incluidos los servicios, la salud y las finanzas.

2.5.2. Limitaciones

- **Tiempo y Recursos:** La aplicación adecuada de DMAIC puede ser intensiva en términos de tiempo y recursos, lo que puede desalentar a algunas organizaciones de utilizarla completamente.
- **Requiere Capacitación:** Para aprovecharla al máximo es necesario que el personal reciba una formación adecuada, lo que implica inversión de tiempo y dinero.
- **Resistencia al Cambio:** La implementación de cambios propuestos a través de DMAIC puede encontrar resistencia en la organización, especialmente si la cultura organizacional no está alineada con la mejora continua.
- **Enfoque Rígido:** Aunque proporciona un marco estructurado, esta rigidez puede no ser adecuada para todos los problemas o situaciones.
- **Dependencia de Datos:** se basa en la disponibilidad de datos precisos y confiables. Si estos datos no están disponibles, puede ser difícil seguir el proceso eficazmente.
- **Puede Ser Visto Como Burocrático:** En algunas organizaciones, el proceso DMAIC puede ser visto como demasiado burocrático o pesado, lo que puede llevar a la búsqueda de atajos y, en última instancia, a resultados subóptimos.
- **No Siempre es la Mejor Herramienta:** DMAIC es solo una de las muchas herramientas de mejora de procesos disponibles. No es necesariamente la mejor opción para cada situación o problema.

**CAPÍTULO 3: TRANSICIÓN DE UN MODELO EMPRESARIAL
CONVENCIONAL A UN ENFOQUE SEIS SIGMA**

3.1. Resistencia al Cambio

La resistencia al cambio es una barrera inherente al proceso de implementación de nuevos modelos empresariales, y su gestión efectiva se vuelve crucial para el éxito de la transición hacia Lean Seis Sigma en empresas tradicionales. La resistencia al cambio surge principalmente de la falta de comprensión, la falta de confianza y la comodidad con la forma actual de hacer las cosas. En el contexto de Lean Seis Sigma, donde la mejora continua y la eficiencia son fundamentales, es esencial abordar esta resistencia desde una perspectiva multifacética. Una estrategia clave para superar la resistencia es la comunicación transparente y constante. Es de suma importancia crear una visión clara y compartida, permitiendo que todos los miembros de la organización comprendan la necesidad y los beneficios de la transición. Además, la participación activa de los empleados en el proceso de cambio, dándoles voz y responsabilidad, puede reducir la resistencia al hacer que se sientan parte del cambio (Kotter, 1996).

La literatura también destaca la importancia de la capacitación y el desarrollo de habilidades. Cuando los empleados se sienten competentes en los nuevos métodos y comprenden cómo estas prácticas mejoran su trabajo diario, es más probable que adopten el cambio con entusiasmo (Hiatt y Creasey, 2003). Así, una estrategia integral de gestión del cambio no solo aborda la resistencia directamente, sino que también prepara a la organización para abrazar y prosperar en el nuevo paradigma Lean Seis Sigma. A continuación, se presenta un caso el cual se centra en la necesidad de diagnosticar el estado actual del proceso y la cultura de mejora continua en la conciliación financiera de contraloría para la aplicación exitosa de herramientas Lean Six Sigma en un centro de servicios administrativos. Se busca proponer un plan de adopción de herramientas a través de la metodología DMAIC y ejecutar dicho plan para mejorar el proceso de

conciliación financiera en el centro de servicios administrativos. La implementación de la metodología DMAIC se enfrenta a desafíos como la resistencia al cambio y se aborda de la siguiente manera:

- Creación de un plan de trabajo estructurado: Se estableció un plan de trabajo de aproximadamente 5 semanas para cada fase del proyecto DMAIC, con el objetivo de cerrar el proyecto en no más de seis meses. Este enfoque ayudó a dar claridad sobre los pasos a seguir y los plazos establecidos, lo que puede reducir la incertidumbre y la resistencia al cambio.
- Involucramiento del equipo de recursos humanos: Se involucró al equipo de recursos humanos como parte clave en la aportación de ideas y la promoción de la metodología DMAIC. Esto ayudó a contar con el apoyo de un área estratégica en la gestión del cambio organizacional, lo que puede facilitar la aceptación y adopción de las nuevas prácticas.
- Comunicación constante y transparente: Se trabajó en el principio de crear transparencia y confianza como base para fomentar una cultura de mejora continua. La comunicación efectiva sobre los motivos del cambio, los beneficios esperados y el compromiso de la gerencia puede ayudar a reducir la resistencia al cambio y generar confianza en el proceso.
- Formación y acompañamiento cercano: Se brindó un acompañamiento cercano del equipo de excelencia operacional, recursos humanos y la gerencia para asegurar que los empleados no se desmotivaran ante las dificultades y estuvieran dispuestos a aprender y utilizar nuevas herramientas de mejora continua. La formación y el

apoyo continuo son clave para superar la resistencia al cambio y fomentar la adopción de nuevas prácticas.

En resumen, al utilizar un método organizado, involucrando activamente al equipo de recursos humanos, manteniendo una comunicación clara, brindando la formación necesaria y ofreciendo un apoyo cercano, pudimos superar la resistencia al cambio durante la introducción de la metodología DMAIC en el centro de servicios administrativos (Giraldo, 2021).

3.2. Adaptación de Cultura Organizacional

La adaptación de la cultura organizacional es un proceso crucial para las empresas que buscan implementar Lean Seis Sigma y mejorar su desempeño. Este cambio implica una transformación profunda en la forma en que los empleados perciben, comprenden y realizan sus roles dentro de la organización. La cultura organizacional existente puede presentar resistencia al cambio debido a las normas arraigadas, las prácticas tradicionales y las estructuras de poder establecidas. La integración de Lean Seis Sigma requiere una revisión exhaustiva de los valores fundamentales, las creencias y las actitudes predominantes en la empresa. La gestión efectiva de este proceso de adaptación implica una comunicación clara y continua, liderazgo comprometido y la creación de un entorno que fomente la innovación y la mejora continua. La resistencia puede surgir de la falta de comprensión, miedo a lo desconocido o la percepción de amenazas a la estabilidad laboral. La literatura especializada destaca la importancia de abordar la cultura organizacional como un factor crítico para el éxito de iniciativas como Lean Seis Sigma (Cameron, E. y Quinn, R. 2006). Este proceso de adaptación cultural no solo se trata de implementar nuevas

metodologías, sino de cultivar un entorno que fomente la aceptación y la participación de los empleados en el cambio.

3.3. Selección y Formación del Personal

La selección y formación del personal son componentes críticos para el éxito de cualquier empresa, especialmente en el contexto de la implementación de metodologías como Lean Seis Sigma. La selección adecuada del personal implica la identificación de habilidades clave, aptitudes y características que se alineen con los valores y objetivos de la organización. Los procesos de reclutamiento deben ser diseñados para evaluar no solo las habilidades técnicas, sino también la adaptabilidad y la disposición para el cambio.

La formación del personal desempeña un papel fundamental en la creación de una cultura organizacional que favorezca la mejora continua. La capacitación en metodologías específicas, como Lean Six Sigma, proporciona a los empleados las herramientas y habilidades necesarias para identificar y abordar eficientemente los problemas dentro de los procesos empresariales. Este enfoque no solo impulsa la eficiencia operativa, sino que también fomenta un compromiso más profundo y una comprensión compartida de los objetivos organizacionales (Biech, E, 2016).

Dentro de la selección de personal es clave tener en cuenta roles como:

- **Master Black Belt:** Un Master Black Belt es el nivel más elevado de certificación en el marco de Six Sigma. En el contexto de una empresa, los Master Black Belts suelen supervisar a Black Belts y Green Belts, brindar orientación en proyectos particularmente difíciles, ofrecer asesoramiento y enseñanza sobre conceptos estadísticos complejos, y capacitar a otros en la metodología Six Sigma.

- **Black Belt:** El experto certificado como Lean Six Sigma Black Belt suele desempeñarse como líder de proyectos dedicados a mejorar procesos. Además, pueden ocupar roles en la gestión, análisis o planificación en diversos departamentos de la empresa. Los requisitos mínimos para obtener la certificación Black Belt abarcan todos los elementos establecidos para las certificaciones White, Yellow y Green Belt.
- **Green Belt:** Los profesionales certificados como Green Belt operan en equipos de Lean Six Sigma, típicamente bajo la supervisión de un Black Belt o Master Black Belt. En algunos casos, los Green Belts pueden liderar proyectos más pequeños de forma autónoma. Poseen habilidades de análisis estadístico a un nivel intermedio, lo que les permite abordar cuestiones relacionadas con datos y análisis. Además, ayudan a los Black Belts a aplicar las herramientas de Six Sigma en proyectos y pueden capacitar a otros dentro de la organización sobre la metodología general de Six Sigma.
- **Yellow Belt:** En este nivel la formación se centra en comprender la metodología en general y en la recopilación de datos básicos. No es necesario que los Yellow Belts sepan cómo realizar pruebas de hipótesis, pero deben comprender el lenguaje y las conclusiones derivadas de estas pruebas. Por lo general, los Yellow Belts son empleados que necesitan entender el proceso en su conjunto y la razón detrás de su implementación.
- **White Belt:** El profesional certificado como Lean Six Sigma White Belt tiene conocimientos básicos de la metodología Six Sigma, aunque no suele formar parte regular de los equipos de mejora de procesos. La formación White Belt

proporciona una excelente introducción a Six Sigma para el personal auxiliar dentro de una organización, brindando la información necesaria para comprender las acciones de los equipos de proyecto. Este tipo de formación permite a los empleados revisar los procesos del proyecto, entender la información presentada en las reuniones de hitos y participar de manera más efectiva en los procesos de selección de proyectos. Además, el entrenamiento White Belt puede ser útil en todos los niveles de empleados cuando las organizaciones buscan instaurar una cultura Six Sigma (Osorio, 2021).

3.4. Integración con Sistemas de Calidad Existentes

La integración de metodologías como Six Sigma con sistemas de calidad existentes es un desafío y una oportunidad estratégica para las organizaciones que buscan mejorar su eficiencia y calidad. La coexistencia de sistemas preexistentes, como la ISO 9001, presenta la necesidad de una integración sin problemas para evitar conflictos y redundancias. La clave para una integración exitosa radica en identificar sinergias entre los principios fundamentales de Lean Six Sigma y los sistemas de calidad existentes. Esto implica un análisis detallado de los requisitos y procesos de ambos enfoques, encontrando puntos de convergencia que permitan una implementación armoniosa. Además, es esencial comunicar claramente estos cambios a todos los niveles de la organización para garantizar una comprensión común y el compromiso del personal (Marques et al., 2016).

La literatura especializada, como el trabajo de Marques, Pedro & Meyrelles, Pedro & Saraiva, Pedro & Frazao-Guerreiro, F. (2016) "Integrating Lean Six Sigma with ISO 9001:2015",

proporciona una visión detallada sobre cómo estas integraciones pueden llevarse a cabo con éxito. Explora las estrategias específicas y los casos de estudio que ilustran la implementación efectiva de Lean Six Sigma en conjunción con sistemas de calidad existentes. Al analizar la ISO 9001:2015 se puede ver la relación con el ciclo PHVA, ya que se acoplan los puntos normativos de la siguiente manera: planear va con los puntos “contexto de la organización” y “planificación”, hacer con los puntos “apoyo” y “operaciones”, verificar con el punto “evaluación del desempeño” y actuar con el punto “mejora”, siendo el punto de “liderazgo” el engranaje central que se necesita para que funcione de correcta forma este ciclo. Por otra parte, al estar la metodología DMAIC directamente relacionada con el ciclo PHVA, se podría decir que las fases de DMAIC, definir, medir y analizar van directamente relacionadas con “contexto de la organización” y “planificación”, la fase de mejorar con “apoyo” y “operaciones” y la fase control se relaciona con “evaluación del desempeño” y “mejora”, manteniendo el punto de “liderazgo” como eje transversal para el pleno funcionamiento y alineamiento de todas las fases.

3.5. Medición del Éxito y Retorno de la Inversión

La medición del éxito y el retorno de la inversión en proyectos de implementación de Lean Six Sigma es crucial para evaluar la eficacia y justificar la inversión realizada. Los indicadores de rendimiento clave (KPIs) deben alinearse con los objetivos estratégicos de la organización y reflejar mejoras tangibles en eficiencia, calidad y satisfacción del cliente. Para llevar a cabo una medición efectiva, es esencial establecer métricas claras desde el inicio del proyecto y utilizar herramientas analíticas específicas de Lean Seis Sigma. Esto no solo permite una evaluación cuantitativa del impacto, sino que también facilita la identificación de áreas de mejora continua

(George, Michael L. 2002). La obra de George, Michael L. (2002) "Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions" ofrece una perspectiva detallada sobre la medición del éxito en proyectos Lean Seis Sigma. Aborda cómo las organizaciones pueden cuantificar mejoras, calcular el retorno de la inversión y, en última instancia, mantener la sostenibilidad de los cambios implementados.

3.6. Estudios de Caso

3.6.1 Aplicación De La Metodología DMAIC Al Proceso De Requerimiento De Materiales Caso Aplicado Empresa Goodyear Chile.

En este estudio de caso se plantea la problemática de que, en la industria de manufacturera, específicamente en Goodyear Chile, una empresa dedicada a la fabricación de neumáticos se enfrenta a problemas de pérdida de materiales durante el proceso de producción. Y el propósito de este estudio es reducir las pérdidas originadas por el desperdicio de material en una fábrica de neumáticos, aplicando la metodología DMAIC. El proceso comienza con la elaboración del marco teórico como base de la metodología, seguido por una descripción detallada del proceso de fabricación de neumáticos. Luego, se abordan las etapas de definir, medir, analizar, mejorar y controlar del proceso en cuestión, como está demostrado en la tabla 3.

Tabla 3

Resumen de la metodología DMAIC en caso 3.6.1.

Etapas	Descripción
Definir	Colaboración y apoyo de la alta dirección y expertos en la metodología. Diagnóstico general del proceso de requerimientos de materiales, identificando los procesos críticos (Steelatic y Fiescher). Desarrollo de un Project Charter para registrar la problemática, ahorro esperado y responsables del proyecto.
Medir	Plan de muestreo y conteo físico de pérdidas de material. Identificación de las pérdidas semanales de tela y acero. Identificación de posibles causas (p. ej., errores de operadores).
Analizar	Identificación de causas raíz mediante el diagrama de Ishikawa. Propuesta de soluciones y priorización mediante matriz de impacto/esfuerzo. Designación de responsables y establecimiento de fechas límites.
Mejorar	Implementación de soluciones propuestas. Repetición del proceso de medición para evaluar la efectividad de las mejoras.
Controlar	Uso de gráficas de control y planilla de seguimiento para mantener información actualizada de operadores. Evaluación de impacto económico y operacional sobre las propuestas realizadas.

Fuente: elaboración propia con base al texto de (Guzmán R,2018).

En la etapa de definir, se identifica el problema en el proceso de requerimiento de materiales, que se traduce en la producción excesiva de material, resultando en la eliminación de materiales debido a su vencimiento. Se identifican también los factores críticos del problema para

dirigir de manera eficiente los recursos. La etapa de medir explica el método de recolección de datos, la selección del tipo de análisis y el uso de gráficas de control para interpretar los datos. Además, se elaboran gráficas de Pareto para identificar posibles causas del problema. En la etapa de analizar, se colabora con los miembros del proyecto y colaboradores de planta para construir un diagrama de Ishikawa que destaque diversos factores que contribuyen al problema. La etapa de mejorar implica la propuesta de varias mejoras para cada problema identificado en la fase anterior. Estas mejoras se jerarquizan para optimizar recursos y se asigna un responsable para cada mejora, con plazos específicos para su implementación. En la etapa de control, se sugiere el uso de gráficas de control y una planilla de seguimiento para detectar y mantener actualizada la información de operadores que produzcan exceso de material. Finalmente, se lleva a cabo una evaluación del impacto económico y operacional de las propuestas, proyectadas para el año 2017 en tres escenarios posibles: optimista, neutro y pesimista. Los resultados indican la viabilidad del proyecto en todos los casos, aunque se busca alcanzar los resultados obtenidos en un escenario mixto entre optimista y neutro (Roa Aravena, 2016).

Y luego de analizar los resultados obtenidos en esta tesis, se llega a varias conclusiones. En primer lugar, la implementación del proyecto utilizando la metodología DMAIC requiere la colaboración de expertos tanto internos como externos a la planta, y el compromiso de la alta dirección es esencial para permitir que el proyecto avance y los colaboradores dediquen tiempo adecuado. La capacitación, comprensión y apoyo de mentores expertos en la metodología son fundamentales para un desarrollo exitoso del proyecto DMAIC, asegurando una investigación sólida antes de proponer soluciones. Se lleva a cabo un diagnóstico general del proceso de requerimientos de materiales, identificando los procesos de Steelastic y Fiescher como críticos, lo que lleva a la aplicación de la metodología DMAIC a estos procesos. La etapa "definir" sirve como

línea base, con un levantamiento integral de información sobre pérdidas de materiales y la creación de un Project charter que registra la problemática, el ahorro esperado y los responsables del proyecto. En la etapa "medir", se establece un plan de muestreo y se contabilizan físicamente las pérdidas por desperdicio de material. Se obtienen promedios semanales de pérdidas de tela y acero, y se identifica que un 56% de las pérdidas se deben a errores de los operadores. La etapa "analizar" busca las causas raíz y factores que influyen en la generación de pérdida por material. Se realiza un cruce de información entre la fase "medir" y las contribuciones de los colaboradores, identificando causas potenciales y proponiendo soluciones. Luego de implementar mejoras, se repite el proceso de medición, obteniendo reducciones en las pérdidas de material. En la etapa "controlar", se propone el uso de gráficas de control y una planilla de seguimiento para detectar y mantener información actualizada de operadores que produzcan exceso de material. Se realiza una evaluación de impacto económico y operacional, proyectando escenarios para el año 2017 en términos de rentabilidad, la propuesta presenta resultados positivos en todos los escenarios evaluados. En el escenario optimista, el Valor Actual Neto (VAN) alcanza los US\$ 44.786, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 32% mensual y un periodo de recuperación (Payback) de 6 meses. En el escenario neutro, el VAN es de US\$ 14.453, la TIR es del 18% mensual y el Payback se extiende a 7 meses. Incluso en el escenario pesimista, se obtiene un VAN de US\$ 8.495, una TIR del 13% mensual y un Payback de 8 meses lo cual demuestra la viabilidad del proyecto. En cuanto al uso de la metodología DMAIC, se destaca su enfoque estructurado, que permite analizar cuidadosamente un proceso antes de implementar mejoras. La metodología exige mejoras enfocadas a la base del problema y brinda herramientas para mantener el control del proceso. Sin embargo, el alto número de integrantes puede presentar desafíos de coordinación y gestión de tareas, señalando la necesidad de un "coach" activo. Además, se señala la posibilidad de aplicar la

metodología DMAIC a otro problema relacionado, como las fallas de calidad por tela arrugada, destacando la utilidad de esta metodología en la identificación y solución de problemas complejos de producción (Roa Aravena, 2016).

3.6.2. Aplicación De Metodología DMAIC Para La Reducción De Pérdidas Y Mejora De Procesos En Industria Manufacturera De Neumáticos.

En el siguiente estudio de caso se plantea la problemática de que en la empresa Goodyear el proceso de producción de neumáticos se divide en dos áreas, A y B, con la primera abarcando desde la mezcla de materias primas hasta la fabricación de componentes y capas del neumático. Luego, la división B continúa con la construcción y vulcanización del neumático. Los tiempos muertos, especialmente por detenciones inesperadas, son críticos en plantas de producción continua como Goodyear. La compañía busca reducir desperdicios y tiempos muertos, siendo la combinación de "tiempo muerto por material defectuoso" una preocupación clave. Se identifica históricamente un problema en la generación de arrugas de Breaker, afectando la producción de neumáticos en verde y siendo la segunda causa principal de tiempo muerto, resultando en la pérdida mensual de numerosos neumáticos. Este fenómeno, que se manifiesta en máquinas Steelastic y Constructoras HF, requiere un análisis detallado y la aplicación de herramientas como las proporcionadas por la metodología DMAIC, a continuación, se muestra la tabla 4 para resumir la implementación de la metodología.

Tabla 4

Resumen de la metodología DMAIC en caso 3.6.2.

Etapas	Descripción
Definir	Identificación del problema: Generación de arrugas de Breaker en el sector de Construcción HF debido a componentes irregulares, causando detenciones mensuales y pérdida de producción. Determinación de objetivos del proyecto: Reducir las detenciones y pérdidas de producción asociadas con la generación de arrugas de Breaker, alineándose con la política de reducción de residuos de la empresa.
Medir	Cuantificación del problema: Identificación de detenciones mensuales, pérdida de producción y desperdicios no reciclables. Recopilación de datos y análisis: Registro de detenciones, pérdidas de producción y medición del peso de los desperdicios no reciclables.
Analizar	Identificación de causas raíz: Uso de herramientas como diagramas de Ishikawa para comprender las causas del problema. Colaboración con operadores, mantenedores y analistas: Análisis conjunto para identificar todas las posibles causas.
Mejorar	Implementación de soluciones: Priorización de contramedidas según su impacto y dificultad, enfocándose en acciones simples, pero de alto impacto. Generación de plan de mejora: Desarrollo de un plan con fechas y responsables para cada acción.
Controlar	Establecimiento de planes de control: Desarrollo de planes para mantener y monitorear las mejoras implementadas. Seguimiento del problema:

Identificación del origen del problema en el futuro y aseguramiento de la sostenibilidad de las mejoras.

Fuente: elaboración propia con base al texto de (Guzmán R,2018).

La fase inicial de la metodología (Definir) implica un estudio detallado del proceso, utilizando gráficos de Pareto para identificar la raíz del problema y focalizar el siguiente paso. Se restringe el análisis inicial a una máquina específica de las seis que conforman el grupo Steelastic, mediante un estudio en las máquinas críticas en Construcción HF. En el desarrollo del análisis, con la colaboración de un equipo multidisciplinario de la empresa, se aplican herramientas como diagramas de flujo, diagramas de fenómeno y diagramas de Ishikawa para visualizar y comprender la causa principal del problema. Se obtienen diversas propuestas de mejora, destacando la falta de mantenimiento preventivo y la falta de aviso de averías, junto con la variabilidad de velocidad en la alimentación del Breaker durante su enrollado, lo que genera tensiones excesivas. En la etapa de Mejorar, se priorizan las propuestas de mejora para su implementación, optimizando así la utilización de recursos. La matriz de priorización utilizada sigue el modelo de la empresa, dando prioridad a actividades de alto impacto y baja dificultad de desarrollo. Para el Control, se proponen planes que aseguren el mantenimiento a lo largo del tiempo de las acciones descritas, junto con un seguimiento del problema para facilitar la identificación de su origen en el futuro. (Guzmán R,2018).

Después de analizar los resultados obtenidos en esta tesis, se llega a varias conclusiones fundamentales. La implementación exitosa de la metodología DMAIC requiere una colaboración significativa y un respaldo integral de todas las áreas afectadas por el problema, respaldado por el compromiso de la alta dirección para apoyar la implementación de las mejoras y asignar recursos

adecuados para la ejecución del proyecto. La capacitación exhaustiva de todos los involucrados es esencial para asegurar que comprendan completamente cada etapa de la metodología y eviten pasar por alto posibles causas. En la fase de medición, se identifica y define el problema relacionado con la generación de arrugas en el sector de construcción HF debido a componentes irregulares, lo que resulta en detenciones significativas en una de las 24 máquinas constructoras, con pérdidas mensuales de producción y material notables. Este problema va en contra de la política de reducción de residuos de la empresa y afecta la seguridad del usuario del neumático. La etapa de análisis de causas raíz, respaldada por herramientas como el diagrama de Ishikawa y la colaboración de operadores y analistas, identifica las posibles causas del problema, generando contramedidas que se priorizan según su impacto, tipo de medida y dificultad. Las acciones de mejora, planificadas en la fase de mejora, se implementan con un enfoque en aquellas que generan un impacto significativo y son fáciles de llevar a cabo. La fase de control propone planes para mantener y monitorear las mejoras, buscando una clara disminución de la generación de arrugas de Breaker. La metodología DMAIC se revela como una herramienta efectiva, pero su implementación exige estudio y compromiso, especialmente al enfrentar rivalidades entre equipos y conflictos entre áreas. El liderazgo del proyecto juega un papel crucial en la gestión de estas tensiones y la motivación del equipo. Aunque este trabajo no aborda la obtención de resultados a largo plazo, se registra una mejora notable en el proceso de enrollado de Breaker en una máquina específica, anticipando su replicación en otras. En última instancia, se destaca la importancia de mantener un seguimiento constante y registros para futuras aplicaciones de la metodología DMAIC. (Guzmán R,2018).

3.6.3. Análisis Mejores Prácticas

El estudio detallado de la implementación de la metodología DMAIC en dos casos específicos en Goodyear Chile proporciona una valiosa visión sobre los desafíos y beneficios de la adopción de Lean Seis Sigma en la industria manufacturera. La aplicación de DMAIC en ambos casos, uno centrado en la reducción de pérdidas de material y el otro en la disminución de tiempos muertos debido a arrugas en el proceso, ha demostrado ser efectiva para abordar problemas complejos en la producción de neumáticos. En donde se pueden destacar los siguientes puntos esenciales:

- **Colaboración y Compromiso:** La colaboración interdisciplinaria y el respaldo integral, respaldados por un fuerte compromiso de la alta dirección, son fundamentales para el éxito de la implementación de DMAIC.
- **Formación Integral:** La capacitación exhaustiva de todos los involucrados en la metodología DMAIC es esencial. Este conocimiento profundo permite una comprensión completa de cada fase y evita pasar por alto posibles causas de los problemas.
- **Enfrentamiento de Desafíos:** La implementación de DMAIC puede enfrentar desafíos, incluidas rivalidades entre equipos y conflictos entre áreas. Un liderazgo efectivo es crucial para gestionar estas tensiones y motivar al equipo hacia el logro de objetivos comunes.
- **Resultados Tangibles:** Ambos casos presentan mejoras notables en los procesos abordados. La metodología DMAIC proporciona un enfoque estructurado y efectivo para analizar y mejorar procesos de fabricación.

- Seguimiento Constante: El éxito a largo plazo de las mejoras implementadas depende de un seguimiento constante y registros detallados. Mantener un enfoque proactivo en la mejora continua es esencial.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los objetivos establecidos para esta tesis, se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de la metodología DMAIC en la mejora de procesos, así como su evolución desde sus orígenes hasta su estado actual. A lo largo de esta investigación, se ha explorado en profundidad el marco teórico de DMAIC, examinando cada una de sus cinco fases y las herramientas clave utilizadas en cada una de ellas. Esta evolución ha sido impulsada por la necesidad de las organizaciones de mejorar su eficiencia, calidad y competitividad en un mercado en constante cambio. Además, se han explorado estudios de caso que han demostrado la aplicación práctica de DMAIC en los sectores industriales, destacando los desafíos enfrentados, las estrategias implementadas y los resultados positivos obtenidos. Estos casos han permitido evaluar cómo DMAIC ha sido implementado en la práctica, identificando las mejores prácticas y lecciones aprendidas. En conclusión, esta investigación ha contribuido a una comprensión más profunda de la metodología DMAIC y su aplicación en la mejora de procesos empresariales. Se ha demostrado su utilidad como una herramienta estructurada y efectiva para identificar problemas, analizar causas raíz, proponer soluciones y controlar los procesos en busca de mejoras continuas. Sin embargo, también se ha destacado la importancia de la colaboración interdisciplinaria, el liderazgo comprometido y la capacitación adecuada para el éxito de la implementación de DMAIC en las organizaciones. En última instancia, esta tesis ha sentado las bases para futuras investigaciones en

el campo de la gestión de la calidad y la mejora de procesos, proporcionando una sólida comprensión teórica y práctica de la metodología DMAIC. Dado a la estructura que presenta la implementación de la metodología DMAIC, se recomienda tener en cuenta los siguientes parámetros:

- **Formación Continua:** Continuar invirtiendo en la formación del personal en Lean Seis Sigma y DMAIC. Esto garantizará que todos los miembros del equipo estén actualizados con las mejores prácticas y enfoques más recientes.
- **Promover la Cultura de Mejora Continua:** Fomentar una cultura organizacional que valore y promueva la mejora continua. Esto implica reconocer y recompensar los esfuerzos de los empleados hacia la eficiencia y calidad.
- **Desarrollo de Líderes:** Proporcionar capacitación específica en liderazgo para aquellos que están a cargo de proyectos DMAIC. Un liderazgo efectivo es clave para superar resistencias y motivar al equipo.
- **Integración con Sistemas Existentes:** Asegurar una integración armoniosa de Lean Seis Sigma con sistemas de calidad existentes. Comunicar claramente los cambios a todos los niveles de la organización y destacar las sinergias con normativas como ISO 9001.
- **Evaluación de Impacto Económico:** Mantener una evaluación constante del impacto económico y operacional de las mejoras implementadas. Establecer indicadores clave de rendimiento alineados con los objetivos estratégicos de la organización.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrera, A., Feitó, M., & Cespón, R. (septiembre - octubre de 2022). Seis sigma y gestión de riesgos aplicado a la metrología en empresas del sector de la energía. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(5). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202022000500215&script=sci_arttext
- Biech, E. (2016). *The Art and Science of Training*. Berrett-Koehler Publishers
- Calla Huayapa, M. A., Maldonado Mamani, R. A., Rodríguez San Román, C. M., Farfán Casapino, J. W., & Quispe Bellido, N. H. (Mayo - junio de 2023). Análisis de la aplicación de metodología DMAIC en procesos de producción de una empresa de alimento. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 7(3).
doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6678
- Cameron, E. y Quinn, R. (2006). *Diagnosing and Changing Organizational Culture*. Jossey-Bass
- Cayo Rosas, Z. I. (2023). DISEÑO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN BASE A LA NORMA ISO 9001:2015 PARA EL ÁREA DE APOYO Y PROMOCIÓN DE MERCADOS Y PYMES DEPENDIENTE DE LA DIRECCIÓN DE COMPLEJOS PRODUCTIVOS E INDUSTRIALIZACIÓN DE LA G.A.D.C. Universidad Mayor de San Simón.
- Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis*. MIT Press.
- Enciende la luz. (2023). *Six Sigma: una metodología para impulsar la calidad en tu empresa*. Recuperado de <https://enciendelaluz.es/six-sigma-una-metodologia-para-impulsar-la-calidad-en-tu-empresa/#:~:text=General%20Electric%3A%20Logr%C3%B3%20ahorrar%20m%C3%A1s,la%20satisfacci%C3%B3n%20de%20sus%20clientes.>

- Equipo editorial, Etecé. (23 de enero de 2023). Six Sigma. Recuperado de <https://humanidades.com/six-sigma/>
- George, Michael L. (2002). Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions.
- Hiatt, J., & Creasey, T. J. (2003). Change Management: The People Side of Change. Prosci.
- Iracheta, N. (6 de octubre de 2017). ¿Qué es Six Sigma? Recuperado de <https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-six-sigma-nicolas-iracheta/?originalSubdomain=es>
- ISO. (2015). ISO 9000:2015 Quality management systems — Fundamentals and vocabulary (pp. 3-10). Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization).
- Kotter, J. P. (1996). Leading Change. Harvard Business Press.
- Marques, Pedro & Meyrelles, P. & Saraiva, Pedro & Frazao-Guerreiro, F.. (2016). Integrating Lean Six Sigma with ISO 9001:2015. 894-898. 10.1109/IEEM.2016.7798006.
- Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/312269002_Integrating_Lean_Six_Sigma_with_ISO_90012015
- Mayoral, A. M., & Morales, J. (2022). Lean Seis Sigma para la Mejora de Procesos. Universidad Miguel Hernández.
- Miranda Gonzalez, Francisco Javier. (2007). Introducción a la gestión de la calidad. Delta publicaciones.

- Pons, B., Gisbert, V., & Pérez, A. I. (2018). Metodología Six Sigma. Comparación entre ciclo PDCA y DMAIC. Cuadernos de investigación aplicada, 27-34. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7173589>
- Osorio, L. (2021). ¿Qué es Lean Six Sigma? Green Box Institute. Recuperado de <https://greenboxinstitute.com/2021/09/que-es-lean-six-sigma/>
- Roa Aravena, I. C. (2016). Aplicación de la Metodología DMAIC al Proceso de Requerimiento de Materiales: Caso Aplicado Empresa Goodyear Chile (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Federico Santa María.
- Rodriguez, J. (2019, octubre 29). DMAIC: Las 5 fases para la mejora de los procesos. SPC Group. Recuperado de <https://spcgroup.com.mx/dmaic-las-5-fases-para-la-mejora-de-los-procesos/>
- Giraldo, C. M. (2021). Adecuada implementación de metodología DMAIC en un centro de servicios administrativos. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/22246>.
- Guzmán Parra, R. (2018). Aplicación de metodología DMAIC para la reducción de pérdidas y mejora de procesos en la industria manufacturera de neumáticos (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Federico Santa María.
- Julia Pérez, Kaizen & Mejora Continua. (2022, enero 13). DMAIC: ¿Qué es y cuáles son sus pasos? Mudanai Blog. Recuperado de <https://blog.mudanai.org/kaizen-mejora-continua/calidad/dmaic-que-es-y-cuales-son-sus-pasos/>
- Jaime Rodriguez, Sipoc: cómo realizar un mapeo de proceso de clase mundial. (2020, septiembre 29). SPC Group. Recuperado de <https://spcgroup.com.mx/sipoc-como-realizar-un-mapeo-de-proceso-de-clase-mundial/>

Rolando Cabrera, ¿Qué es el diagrama de Ishikawa? (2021, octubre 6). Herramientas Lean.

Recuperado de <https://www.herramientaslean.com/que-es-el-diagrama-de-ishikawa/>