

MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE NEUMÁTICOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC

Tipo de artículo: Original
Autor corresponsal:
Mariela Andagua-Moreno
andagua.mariela@gmail.com



Mariela Andagua-Moreno¹   César Augusto Tacuri-Puca¹  
Mercedes Puca-Pacheco¹   Enrique Tacuri Calanchi¹  

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

RESUMEN

Objetivo: este estudio busca determinar el impacto de la metodología DMAIC en la mejora de la eficiencia, eficacia y productividad del proceso de fabricación de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático. **Metodología:** la investigación adoptó un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental pretest-posttest. La metodología DMAIC fue implementada en sus cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, utilizando herramientas de mejora continua como SIPOC, diagrama de Ishikawa, técnica de los cinco porqués y análisis modal de fallos y efectos (AMEF). Para el análisis estadístico se aplicaron la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba t de Student para muestras relacionadas. **Resultados:** se muestra una mejora de la productividad del 61 % al 71 %, así como una reducción promedio de 1,12 minutos en el tiempo de cambio de código de compuesto después de la implementación de DMAIC. Además, se estimó un ahorro económico de S/ 6262. Las diferencias entre el pretest y el posttest fueron estadísticamente significativas ($p < 0,001$). **Originalidad/valor:** la investigación amplía la evidencia sobre la aplicación de DMAIC en la industria manufacturera latinoamericana, específicamente en el sector neumático peruano, mediante un diseño cuasiexperimental orientado a evaluar mejoras en productividad y eficiencia operativa. **Implicancias prácticas:** los hallazgos evidencian que la metodología DMAIC puede ser utilizada como una herramienta efectiva para incrementar la productividad, reducir tiempos improductivos y mejorar la estandarización de procesos en empresas manufactureras del sector neumático. Asimismo, proporciona una guía aplicable para la toma de decisiones orientadas a la mejora continua y la eficiencia operativa. **Implicancias sociales:** la mejora de la productividad y la reducción de tiempos improductivos contribuyen al fortalecimiento de la sostenibilidad operativa y la competitividad industrial, lo que genera impactos positivos en la eficiencia del sector manufacturero y en el aprovechamiento responsable de los recursos.

Palabras clave: DMAIC, productividad, eficiencia, eficacia, ahorro

JEL: D24, L23, M11

Cómo citar: Andagua-Moreno, M., Tacuri-Puca, C. A., Puca-Pacheco, M., & Tacuri Calanchi, E. (2026). Mejora de la productividad de neumáticos mediante la aplicación de la metodología DMAIC. *Peruvian Journal of Management*, (4), 49-67.
<https://doi.org/10.26439/pjm2026.n004.8428>.

Historia del artículo: Recibido: 1 de diciembre del 2025. Aceptado: 11 de mayo del 2026.
Publicación en línea: 2 de octubre del 2026.

IMPROVEMENT OF TIRE PRODUCTIVITY THROUGH THE APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY

ABSTRACT

Aim: Determine the impact of the DMAIC methodology on improving the efficiency, effectiveness, and productivity of the compound sheet manufacturing process in a company within the tire industry. **Methodology:** The study adopted a quantitative approach with a quasi-experimental pretest-posttest design. The DMAIC methodology was implemented through its five phases: define, measure, analyze, improve, and control, using continuous improvement tools such as SIPOC, Ishikawa diagram, the five whys technique, and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Statistical analysis included the Shapiro-Wilk normality test and Student's t-test for related samples. **Results:** The results showed an improvement in productivity from 61% to 71%, as well as an average reduction of 1.12 minutes in compound code changeover time after the implementation of DMAIC. In addition, estimated economic savings of S/ 6262 were achieved. Differences between the pretest and posttest were statistically significant ($p < 0.001$). **Originality/value:** This research expands the evidence on the application of DMAIC in the Latin American manufacturing industry, specifically in the Peruvian tire sector, through a quasi-experimental design aimed at evaluating improvements in productivity and operational efficiency. **Practical implications:** The findings demonstrate that the DMAIC methodology can be used as an effective tool to increase productivity, reduce non-productive times, and improve process standardization in manufacturing companies within the tire industry. Furthermore, it provides an applicable guideline for decision-making focused on continuous improvement and operational efficiency. **Social implications:** Improvements in productivity and the reduction of non-productive times contribute to strengthening operational sustainability and industrial competitiveness, generating positive impacts on the efficiency of the manufacturing sector and the responsible use of resources.

Keywords: DMAIC, productivity, efficiency, effectiveness, savings

JEL Codes: D24, L23, M11

1. INTRODUCCIÓN

Los neumáticos constituyen un componente esencial en la operación de los vehículos, ya que garantizan seguridad, movilidad y eficiencia en el transporte. En el contexto peruano, el mercado de neumáticos alcanzó un valor aproximado de USD 1,34 mil millones en 2022, con una proyección de crecimiento hasta USD 1,58 mil millones para 2029, impulsado principalmente por la expansión del parque automotor y por sectores estratégicos como la minería (BlueWeave Consulting, 2023). Este crecimiento evidencia la necesidad de que las empresas del sector fortalezcan la eficiencia y confiabilidad de sus procesos productivos para responder a una demanda cada vez más exigente y preservar su competitividad. En este escenario, la implementación de metodologías de mejora continua se convierte en un factor estratégico para sostener el desempeño industrial y operacional del sector (Asociación Automotriz del Perú, 2025).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021), el comercio automotor peruano registró un crecimiento de 2,19 % durante 2020, impulsado por el

incremento en la venta de vehículos, especialmente *pick-ups* y furgonetas, así como por la mayor comercialización de repuestos y neumáticos durante la crisis sanitaria. Estos resultados consolidan al sector automotriz como un segmento económicamente relevante y con alta proyección de crecimiento dentro de la economía nacional.

El presente estudio toma como referencia una empresa manufacturera del sector neumático, específicamente en el proceso de producción de láminas de compuestos desarrollado en el área Banbury. En dicho proceso, se identificaron deficiencias asociadas con la falta de estandarización operativa, desorden físico y ausencia de herramientas adecuadas, factores que afectan la eficiencia del proceso y el suministro interno de materiales. Los registros históricos muestran un rendimiento de 73,1 % frente a una meta de 74,2 %, una eficacia de 82 % respecto al objetivo esperado de 88 % y una productividad de 59,9 %, lo que evidencia brechas operativas que limitan el desempeño productivo de la organización.

Frente a esta problemática, diversas investigaciones han demostrado la efectividad de las metodologías de mejora continua, particularmente de la metodología DMAIC, en la optimización de procesos industriales. DMAIC, metodología propia de *six sigma*, comprende cinco fases secuenciales: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, orientadas a identificar causas raíz, implementar soluciones y asegurar la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo (Council for Six Sigma Certification, 2018). Estudios previos destacan que la fase de definición permite delimitar con precisión los problemas y establecer objetivos claros de mejora (Socconini, 2015). Asimismo, la elaboración de la carta del proyecto constituye un instrumento clave para formalizar el alcance, las responsabilidades y los beneficios esperados del proyecto de mejora (Pyzdek & Keller, 2014).

No obstante, a pesar de la amplia aplicación de DMAIC en distintos entornos manufactureros, existe limitada evidencia empírica sobre su implementación en el sector neumático latinoamericano y, particularmente, en el contexto peruano. Además, gran parte de los estudios previos se concentra en indicadores de calidad o reducción de defectos, dejando en segundo plano el análisis integral de la productividad desde la interacción entre eficiencia y eficacia. Esta situación evidencia una brecha teórica y aplicada que justifica la necesidad de desarrollar investigaciones orientadas a evaluar el impacto de DMAIC en procesos productivos específicos del sector manufacturero.

En la industria de fabricación de neumáticos, la aplicación de DMAIC adquiere relevancia estratégica al integrarse con principios de *lean manufacturing*, promoviendo la eliminación de tiempos improductivos, la optimización de procesos y el fortalecimiento del control de calidad (González et al., 2023). Asimismo, contribuye a la sostenibilidad operativa mediante la reducción del consumo de recursos y la disminución de desperdicios generados en el proceso productivo.

En el presente estudio, la productividad es entendida como el resultado de la interacción entre eficiencia y eficacia (Gutiérrez, 2010). La eficiencia hace referencia a la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados (Sartori et al., 2020), mientras que la eficacia evalúa el grado de cumplimiento de los objetivos productivos establecidos (Contreras, 2018). Desde esta perspectiva, el fortalecimiento conjunto de ambos indicadores resulta fundamental para mejorar el desempeño organizacional en entornos industriales altamente competitivos.

En función de lo expuesto, el presente estudio tiene como objetivo determinar el impacto de la metodología DMAIC en la mejora de la eficiencia, eficacia y productividad del

proceso de fabricación de láminas de compuestos en una empresa del sector neumático. De esta manera, la investigación busca contribuir a la literatura académica mediante evidencia empírica proveniente de un contexto poco explorado y, simultáneamente, aportar a la práctica empresarial proporcionando un modelo de mejora aplicable al entorno industrial peruano.

2. REVISIÓN DE LITERATURA Y DESARROLLO DE HIPÓTESIS

La revisión de la literatura permite contextualizar el estudio, identificar lo que se ha investigado previamente y sustentar la relevancia del problema, facilitando la ubicación de la nueva investigación dentro del conocimiento existente (Creswell, 2014). Asimismo, constituye una etapa esencial del proceso investigativo, ya que proporciona la base teórica necesaria, evidencia el estado actualizado del conocimiento y permite delimitar el aporte específico del estudio (Machi & McEvoy, 2016). En este sentido, el análisis de investigaciones previas sobre la metodología DMAIC permite identificar patrones de aplicación orientados a la mejora de la productividad en diversos contextos industriales.

Diversos estudios empíricos han demostrado que la implementación de la metodología DMAIC contribuye significativamente a la mejora del desempeño productivo mediante la reducción de la variabilidad, la optimización de procesos y el control de variables críticas. En este marco, Ingar (2023) evidenció un incremento en el índice de productividad de 0,82978 a 0,98760 en una empresa metalmeccánica. De manera similar, Chávez et al. (2022) reportaron una reducción de defectos y un incremento del nivel sigma en procesos de maquinado del sector automotriz; además, utilizaron el AMEF como herramienta de apoyo y lograron reducir las alertas de calidad de cinco a dos, así como aumentar el nivel sigma de 3,43 a 3,6. Por su parte, Guerrero (2020) identificó una disminución significativa de los tiempos de producción, pasando de 9,005 horas a 7,63 horas, mientras que Chicaiza (2022) evidenció mejoras sustanciales en la eficacia de los procesos mediante la estandarización y el control de operaciones. En la línea de enderezado, la eficacia de procesamiento aumentó en 5,2 %, principalmente debido a la reducción del retrabajo y a un mejor aprovechamiento de los recursos. Asimismo, en el área de pintura, la eficacia se incrementó en 39,21 % gracias a la estandarización y al control de variables críticas.

En conjunto, la evidencia empírica sugiere que la aplicación de DMAIC impacta positivamente en variables clave del desempeño productivo, tales como la eficiencia mediante el uso óptimo de los recursos, la eficacia a través del cumplimiento de los objetivos productivos y la reducción de los tiempos de proceso, considerados como características críticas de calidad (CTQ).

Asimismo, estudios como los de González et al. (2023), Narváez (2019) y Juárez (2018) coinciden en que el análisis de causas raíz y la implementación de mejoras estructuradas permiten incrementar la productividad. Por ejemplo, Narváez (2019) reportó un aumento de la producción de 90 a 103 unidades por turno y una reducción del tiempo de ciclo (*takt time*) de 5,5 a 4,08 minutos, mientras que Juárez (2018) evidenció un incremento de la productividad del 63,89 %.

No obstante, a pesar de la consistencia de estos hallazgos, la literatura presenta limitada evidencia sobre la aplicación de la metodología DMAIC en el sector neumático, particularmente en contextos latinoamericanos. Asimismo, se observa que la mayoría de los estudios analizan los efectos de esta metodología de manera aislada, enfocándose principalmente en indicadores de calidad o eficiencia, sin abordar de forma integral la relación entre

eficiencia, eficacia y productividad. Esta situación evidencia una brecha de conocimiento que justifica la presente investigación.

En función de lo anterior, se plantea un marco conceptual en el que la implementación de la metodología DMAIC actúa como variable independiente que influye en la mejora de la eficiencia, la eficacia y la reducción de los tiempos de proceso (CTQ), las cuales, a su vez, inciden en el incremento de la productividad.

A partir de esta relación teórica, se formulan las siguientes hipótesis:

H1: La implementación de la metodología DMAIC mejora la eficiencia del proceso productivo.

H2: La implementación de la metodología DMAIC mejora la eficacia del proceso productivo.

H3: La implementación de la metodología DMAIC reduce el tiempo de cambio (CTQ) en el proceso productivo.

H4: La implementación de la metodología DMAIC incrementa la productividad en el proceso de producción de láminas de compuestos.

3. METODOLOGÍA

La presente investigación se sustenta en el enfoque de mejora continua aplicado a procesos productivos, particularmente mediante el uso de la metodología DMAIC, la cual constituye un marco estructurado para la identificación, análisis y solución de problemas basado en datos. Este enfoque se desarrolla en contextos reales de producción, tal como señalan Robson y McCartan (2016), lo que permite generar conocimiento aplicado a partir de la intervención directa en procesos organizacionales. Existen diversas metodologías de mejora continua utilizadas en contextos productivos, cada una con objetivos y alcances específicos. En este sentido, *six sigma* se orienta a la reducción de la variabilidad y de los defectos en los procesos mediante el análisis estadístico y el enfoque en la satisfacción del cliente (Pyzdek & Keller, 2014).

Desde una perspectiva metodológica, el estudio adopta un diseño cuasiexperimental pretest-posttest, en línea con lo planteado por Shadish et al. (2002), lo que permite evaluar cambios en los indicadores de desempeño del proceso tras la implementación de una intervención estructurada. En este contexto, la población estuvo conformada por el conjunto de compuestos producidos en la empresa, mientras que la muestra coincidió con dicha población durante el periodo de estudio, lo cual, según Hernández-Sampieri et al. (2014), contribuye a la representatividad de los resultados dentro del contexto analizado.

En términos teóricos, la metodología DMAIC se concibe como un sistema secuencial que organiza el proceso de mejora en cinco fases interrelacionadas, cada una con un propósito específico dentro de la lógica de optimización del desempeño:

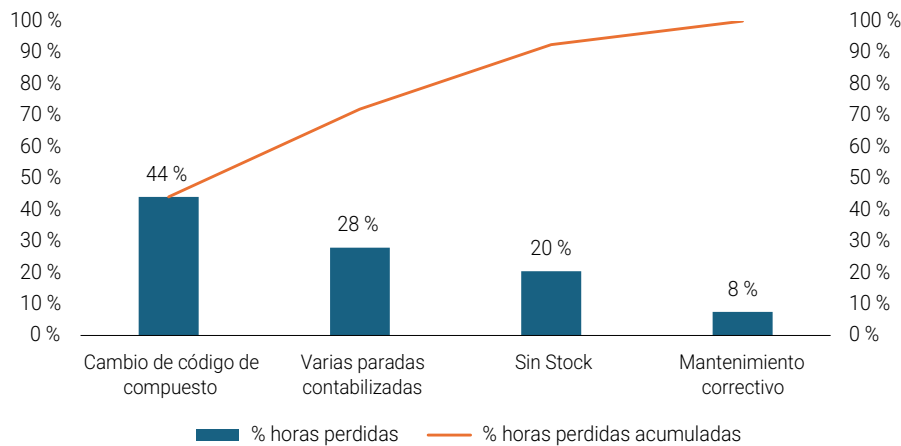
- Definir: se realizó una descripción detallada del proceso de producción de neumáticos y láminas de compuestos. El problema principal fue identificado mediante la voz del cliente (Webb, 2016) y un análisis de Pareto (Bicheno & Holweg, 2016). Asimismo, se conformó el equipo de trabajo, se elaboró la carta del proyecto y se diseñó el plan de acción.

- **Medir:** se efectuaron reuniones con operadores, molineros y apiladores para elaborar un SIPOC (Socconini & Reato, 2019). Además, se midieron indicadores de eficiencia, eficacia, productividad y tiempo de cambio de compuesto.
- **Analizar:** se aplicó un diagrama de Ishikawa (López, 2016) bajo las categorías de las 6M (mano de obra, máquina, material, método, medición y medio ambiente) para identificar las posibles causas, complementado con la técnica de los cinco porqués (Okes, 2019), con el propósito de identificar las causas raíz asociadas al problema.
- **Mejorar:** se implementó un análisis modal de efectos y fallos (AMEF) (Soliman, 2020), priorizando riesgos y definiendo acciones correctivas orientadas a la capacitación, la estandarización y el control de procesos.
- **Controlar:** Se estableció un plan de control (Morgan & Brenig-Jones, 2012) que incluyó actividades de monitoreo, auditorías internas y capacitación continua, con el fin de asegurar la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas.

Desde el punto de vista del análisis de datos, la investigación empleó técnicas estadísticas que permitieron validar los cambios observados en el proceso, incluyendo pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y pruebas de hipótesis (t de Student para muestras relacionadas), complementadas con análisis descriptivo e inferencial mediante herramientas como Excel y SPSS. Este enfoque cuantitativo refuerza el carácter sistemático de la metodología DMAIC, al sustentar la toma de decisiones en evidencia empírica. En conjunto, este marco teórico-metodológico permite comprender la mejora del proceso no solo como un resultado operativo, sino también como la consecuencia de una intervención estructurada basada en la identificación de causas raíz, el análisis de datos y el control continuo del desempeño, lo cual resulta consistente con los principios de mejora continua en contextos industriales.

Figura 1

Pareto de tiempos perdidos en la disponibilidad



4. RESULTADOS

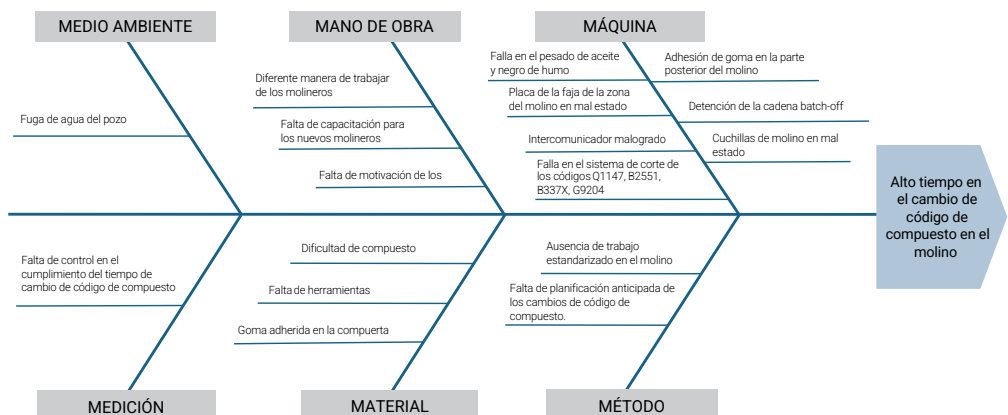
Se realizó una gráfica de Pareto con el fin de determinar la principal causa de la baja productividad. La Figura 1 presenta la clasificación de las causas asociadas a los tiempos perdidos que afectan la disponibilidad del indicador de eficiencia en la producción de compuestos durante el mes de diciembre de 2020. En el proceso de producción de láminas de compuestos se cuenta con dos equipos que operan en tres turnos de ocho horas cada uno. Del tiempo total programado, se descontaron las horas que no corresponden a la categoría de disponibilidad, tales como tardanzas, ausencias y otros conceptos. Como resultado, de un total de 1204 horas disponibles, se identificaron 186 horas de pérdidas, cuya principal causa fue el cambio de código de compuesto, el cual concentró el 44 % de los tiempos improductivos. A partir de este análisis, el equipo multidisciplinario decidió enfocar sus esfuerzos de mejora en dicha causa, debido a que fue la de mayor impacto sobre la eficiencia del proceso.

De acuerdo con los resultados obtenidos en febrero del 2021, la productividad alcanzó un 61 %. Este valor inicial sirvió como punto de referencia para la investigación, ya que permitió identificar la magnitud de la brecha existente y evidenció la necesidad de implementar acciones de mejora. Asimismo, dicho indicador reflejó ineficiencias asociadas principalmente a los tiempos improductivos, lo que justificó la aplicación de la metodología DMAIC como estrategia orientada a optimizar los recursos, reducir desperdicios y mejorar la eficiencia global del proceso.

Con el propósito de identificar las causas asociadas a esta problemática, se realizó un análisis mediante el diagrama de Ishikawa, presentado en la Figura 2. Esta herramienta permitió organizar y visualizar de manera estructurada los factores que incidían en el problema, clasificándolos en categorías como métodos, maquinaria, mano de obra, materiales, medio ambiente y medición. De manera complementaria, se aplicó la técnica de los cinco porqués con el fin de profundizar en el análisis causal. La combinación de ambas herramientas permitió desarrollar un enfoque integral, orientado no solo a identificar los síntomas del problema, sino también sus causas raíz.

Figura 2

Diagrama de Ishikawa



En la fase de mejora, se aplicó el AMEF, en el que se identificaron fallas potenciales que fueron clasificadas en niveles de riesgo medio y bajo. Entre las principales acciones propuestas a partir de este análisis destacaron la inspección visual de la materia prima, la capacitación del personal en el cambio de códigos, la implementación de controles en los equipos y la estandarización de los procedimientos.

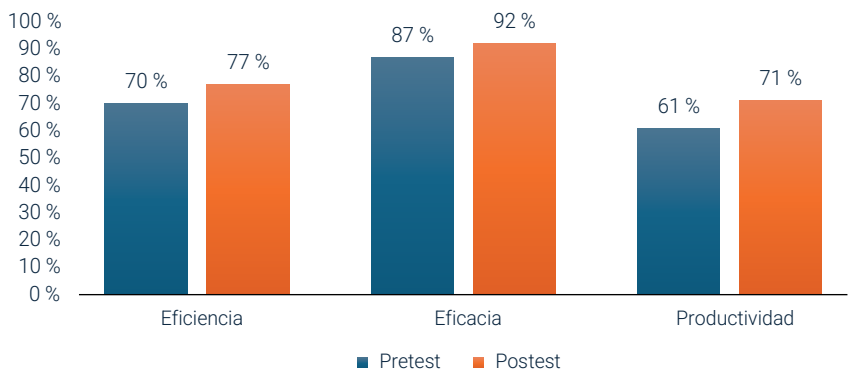
Asimismo, se plantearon medidas de mantenimiento preventivo, verificación de registros y mejoras en la organización del área de trabajo. Estas acciones, acompañadas de responsables y plazos definidos, contribuyeron a reducir la probabilidad de ocurrencia de fallas y a fortalecer la capacidad de detección dentro del proceso. En este sentido, el AMEF se consolidó como una herramienta práctica para la priorización de riesgos y el aseguramiento de la efectividad de las mejoras implementadas.

Por otro lado, la sostenibilidad de las mejoras se aseguró mediante un sistema de control continuo, el cual incluyó actividades de monitoreo periódico, auditorías internas y programas de capacitación al personal, con el propósito de garantizar la correcta aplicación y permanencia de los cambios implementados en el proceso.

Respecto a la productividad, se realizó una comparación de los resultados antes y después de la intervención. Como se muestra en la Figura 3, inicialmente, el indicador se encontraba en un 61 %, mientras que tras la implementación de la metodología DMAIC alcanzó un 71 %, lo que representa un incremento de diez puntos porcentuales. Este resultado evidencia una mejora significativa en el desempeño del proceso, validando la efectividad de la metodología aplicada.

Figura 3

Resultados de mejora: evaluación pretest y postest



Para el análisis estadístico, se consideró una muestra de 28 observaciones correspondientes a días de operación. La productividad presentó una media de 61 % (desviación estándar = 8,388) en el pretest y de 71 % (desviación estándar = 4,345) en el postest. Estos resultados evidencian un incremento en el nivel promedio de productividad, acompañado de una menor dispersión de los datos posteriores a la intervención, lo que sugiere una mayor estabilidad del proceso.

Tras verificar la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), se aplicó la prueba t de Student para muestras relacionadas, en donde se obtuvo un resultado de $t(27) = -5,791$, $p < 0,001$, lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el posttest. Asimismo, se estimó el tamaño del efecto mediante el estadístico d de Cohen, obteniéndose un valor aproximado de 1,50, considerado un efecto grande. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la implementación de la metodología DMAIC se asocia con una mejora sustancial en la productividad del proceso.

No obstante, dado que el diseño corresponde a un esquema cuasiexperimental pretest-posttest sin grupo de control, los resultados deben interpretarse con cautela, considerando posibles amenazas a la validez interna.

Los resultados correspondientes a la productividad antes y después de la intervención, así como el análisis de normalidad y la prueba t de Student, se presentan en las Tablas 1, 2 y 3, respectivamente.

Tabla 1

Productividad antes y después

Ítem	Antes	Después
1	62 %	72 %
2	47 %	64 %
3	78 %	73 %
4	57 %	69 %
5	59 %	72 %
6	58 %	78 %
7	63 %	74 %
8	62 %	76 %
9	66 %	73 %
10	65 %	74 %
11	50 %	68 %
12	49 %	78 %
13	67 %	75 %
14	57 %	79 %
15	60 %	69 %
16	79 %	70 %
17	69 %	75 %
18	45 %	68 %
19	65 %	66 %
20	53 %	65 %
21	58 %	74 %
22	60 %	72 %

(continúa)

(continuación)

Ítem	Antes	Después
23	69 %	63 %
24	61 %	68 %
25	57 %	67 %
26	74 %	67 %
27	67 %	73 %
28	59 %	74 %
Promedio	61 %	71 %

Tabla 2

Prueba de normalidad

	Estadístico	gl	Sig.
Productividad antes	0,975	28	0,711
Productividad después	0,967	28	0,510

Tabla 3

Prueba t de Student

	Media	Desv. desviación	Desv. error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
Productividad antes								
Productividad después	-10,000	9,137	1,727	-13,543	-6,457	-5,791	27	0,000

De manera complementaria, se evaluó el impacto de la reducción del tiempo de cambio de código de compuesto durante un periodo de 28 días de operación. Los resultados evidenciaron una disminución promedio de 1,12 minutos por cambio, lo que, extrapolado al periodo de análisis, sugiere una mejora en la eficiencia operativa del proceso.

El detalle del tiempo de cambio de código de compuesto antes y después de la intervención, así como el cálculo del ahorro de tiempo, se presenta en las Tablas 4 y 5, respectivamente. En dichas tablas se observa una optimización en el uso de los recursos y un incremento en la capacidad productiva del proceso.

Asimismo, se estimó un beneficio económico de S/ 6262 durante el mes correspondiente al postest, lo que refuerza la relevancia práctica de las mejoras implementadas en el marco de la metodología DMAIC.

Tabla 4

Tiempo de cambio de código antes y después

Ítem	Antes	Después
1	3,04	1,37
2	3,54	2,20
3	3,39	1,83
4	3,54	1,11
5	3,55	1,84
6	3,12	1,45
7	3,09	1,62
8	2,94	1,33
9	3,21	1,31
10	2,43	1,61
11	4,74	2,13
12	3,22	1,29
13	2,91	1,05
14	2,88	1,02
15	2,60	2,33
16	2,66	3,09
17	2,22	1,81
18	2,36	1,96
19	2,55	2,96
20	3,77	4,20
21	3,13	1,51
22	2,97	1,16
23	1,99	2,53
24	2,42	1,61
25	2,67	1,36
26	2,21	1,29
27	2,18	1,16
28	3,71	1,78
Promedio	2,96	1,78

Tabla 5
Cálculo del ahorro

	Datos
Tiempo pretest (min)	2,96
Tiempo posttest (min)	1,78
Δ tiempo	1,12
Cambio de código al mes posttest	1519
Costo de producción (soles/min)	3,68
Ahorro (soles/mes)	S/ 6,262

5. DISCUSIÓN

Según lo expuesto por Socconini (2015), un aspecto esencial en cualquier proceso de mejora es la adecuada definición del problema, ya que constituye el punto de partida para dirigir el análisis y establecer acciones correctivas. En el presente estudio, la identificación del tiempo de cambio de código de compuesto como factor crítico permitió focalizar los esfuerzos de mejora sobre una causa de alto impacto en los indicadores de eficiencia, eficacia y productividad. Esta delimitación precisa del problema facilitó la alineación de las fases posteriores del ciclo DMAIC, lo que contribuyó a una intervención más estructurada y efectiva.

De acuerdo con lo planteado por Pyzdek y Keller (2014), la formulación de la carta del proyecto incorporó elementos clave como la definición del problema, los objetivos, las metas y los plazos, así como la estimación de beneficios esperados. Este último aspecto resultó particularmente relevante, ya que permitió no solo orientar la ejecución del proyecto, sino también establecer un criterio de evaluación del impacto alcanzado, evidenciado en un beneficio económico estimado.

Desde una perspectiva analítica, los resultados sugieren que la fase de análisis del ciclo DMAIC desempeñó un rol determinante en la mejora obtenida. El uso del diagrama de Ishikawa y la técnica de los cinco porqués permitió identificar las causas raíz asociadas a los tiempos improductivos, particularmente aquellas vinculadas a la estandarización de procedimientos y la ejecución del cambio de código. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Narváez (2019), quien también evidenció la efectividad de estas herramientas en la identificación de factores críticos de productividad, así como con lo señalado por Juárez (2018). En este sentido, la mejora observada no solo responde a la aplicación de herramientas, sino a la capacidad de estas para estructurar el análisis causal y orientar la toma de decisiones.

Asimismo, la fase de mejora fue clave para traducir el diagnóstico en acciones concretas. La aplicación del AMEF permitió priorizar las fallas según su nivel de riesgo y definir intervenciones específicas orientadas a reducir su ocurrencia y mejorar su detección. Este enfoque contribuyó a la estandarización de procesos, la capacitación del personal y la implementación de controles operativos, elementos que, en conjunto, favorecieron la reducción de la variabilidad del proceso. Resultados similares fueron reportados por Chávez et al. (2022), quienes evidenciaron mejoras en productividad a partir del uso combinado de DMAIC y AMEF. En el presente estudio, esta fase se tradujo en una reducción del tiempo de cambio

de código de compuesto de 2,96 a 1,78 minutos (variación = 1,18 minutos), lo que sugiere una mejora operativa significativa en términos de eficiencia.

Por otro lado, la fase de control también desempeñó un papel relevante en la sostenibilidad de los resultados. Tal como señala el Council for Six Sigma Certification (2018), el monitoreo continuo es fundamental para asegurar la permanencia de las mejoras. En este estudio, la implementación de una matriz de control con actividades de seguimiento, auditoría y capacitación permitió mantener la estabilidad del proceso, lo cual se refleja en la disminución de la variabilidad de la productividad (desviación estándar pretest = 8,388; desviación estándar posttest = 4,345).

En comparación con estudios previos, los resultados obtenidos muestran coherencia en términos de mejora operativa. Guerrero (2020) reportó una reducción de tiempos de producción de 1,37 horas mediante la aplicación de *six sigma*, mientras que en este estudio se logró una reducción de 1,18 minutos por evento en el tiempo de cambio. De manera similar, Chicaiza (2022) evidenció un incremento en la eficacia del 5,2 %, resultado que se aproxima al incremento observado en este estudio, donde la eficacia pasó de 87 % a 92 % (variación = 5 %). Estos hallazgos refuerzan la consistencia del enfoque DMAIC en distintos contextos industriales.

En cuanto a la productividad, se observó un incremento del 61 % al 71 %, acompañado de diferencias estadísticamente significativas ($t(27) = -5,791, p < 0,001$) y un tamaño del efecto grande de 1,50. Estos resultados sugieren una mejora sustancial en el desempeño del proceso, en línea con lo reportado por Ingar (2023) y Juárez (2018), quienes también evidenciaron incrementos significativos en productividad tras la implementación sistemática del ciclo DMAIC. No obstante, más allá de la coincidencia de resultados, es importante señalar que, en el presente estudio, la mejora se explica principalmente por la combinación de análisis causal estructurado, estandarización de procesos y control operativo continuo.

Sin embargo, es importante interpretar estos resultados con cautela. Dado que el diseño corresponde a un esquema cuasiexperimental pretest-posttest sin grupo de control, los cambios observados no pueden atribuirse exclusivamente a la implementación de la metodología DMAIC. En este tipo de diseños, existen posibles amenazas a la validez interna, tales como el aprendizaje del personal, ajustes operativos paralelos o efectos reactivos derivados del monitoreo. En este sentido, los resultados deben interpretarse como una asociación positiva entre la intervención y la mejora observada, más que como una relación causal directa.

Finalmente, desde una perspectiva teórica, este estudio aporta evidencia empírica en el contexto del sector neumático, contribuyendo a reforzar el papel del DMAIC como una herramienta estructurada para la mejora continua, la reducción de la variabilidad y la optimización de procesos productivos. Asimismo, se posiciona como un antecedente relevante para futuras investigaciones que busquen validar estos resultados mediante diseños experimentales más robustos o incorporar variables adicionales.

6. IMPLICANCIAS TEÓRICAS

La aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de elaboración de láminas de compuestos dentro del sector neumático aporta implicaciones teóricas relevantes para el campo de la gestión de la calidad y la mejora continua. En particular, los resultados permiten reforzar el enfoque basado en la reducción de la variabilidad como mecanismo

explicativo del incremento en el desempeño del proceso. En este sentido, la disminución de la dispersión en la productividad (desviación estándar de 8,388 a 4,345) constituye evidencia empírica de un mayor control estadístico del proceso, en concordancia con los principios del control estadístico de procesos (SPC) desarrollado por Vilar (2024), su objetivo es disminuir de manera sistemática la variabilidad de los procesos, asegurar su control y evitar la generación de defectos.

Desde esta perspectiva, los hallazgos sugieren que la mejora observada no se limita a la aplicación aislada de herramientas, sino que responde a un mecanismo estructurado de análisis causal, estandarización y control operativo continuo. En este marco, el ciclo DMAIC puede interpretarse como un sistema organizacional de mejora y aprendizaje que operacionaliza los principios del SPC, permitiendo identificar causas raíz, reducir la variabilidad y sostener los resultados en el tiempo.

Asimismo, estos resultados son consistentes con lo reportado por Navarro et al. (2017), quienes evidencian que la aplicación de DMAIC contribuye a la estandarización de procesos y al incremento de la productividad en contextos industriales. No obstante, en línea con los criterios metodológicos, es importante precisar que la contribución teórica del presente estudio radica en evidenciar, a través de datos observables, el vínculo entre control de la variabilidad y mejora del desempeño, más que en establecer una relación causal universal.

En este sentido, dado que el diseño corresponde a un esquema cuasiexperimental pretest-posttest sin grupo de control, los resultados deben interpretarse como evidencia empírica contextual consistente con la teoría, y no como una validación causal definitiva, en concordancia con lo señalado por Shadish et al. (2002).

7. IMPLICACIONES PRÁCTICAS

La aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de producción de láminas de compuestos genera implicancias prácticas relevantes para la gestión operativa en el sector industrial. En particular, su implementación permitió identificar de manera sistemática las causas raíz asociadas a los tiempos improductivos, especialmente durante el cambio de código de compuesto, facilitando así el diseño e implementación de acciones específicas orientadas a su reducción.

Desde una perspectiva operativa, la disminución del tiempo de cambio (de 2,96 a 1,78 minutos) y el incremento de la productividad (de 61 % a 71 %) evidencian que la aplicación de DMAIC contribuye significativamente a la mejora del desempeño del proceso, pues optimiza el uso de los recursos y reduce ineficiencias en actividades críticas. Asimismo, la estandarización de procedimientos y la implementación de controles operativos favorecen una mayor estabilidad del proceso, disminuyendo la variabilidad y facilitando la sostenibilidad y replicabilidad de las mejoras en contextos productivos similares.

Adicionalmente, el enfoque basado en datos que caracteriza a DMAIC fortalece la toma de decisiones en el nivel operativo y promueve el desarrollo de una cultura organizacional orientada a la mejora continua, en la cual el personal participa activamente en la identificación y solución de problemas. Este aspecto resulta fundamental para asegurar la permanencia de los resultados obtenidos en el tiempo y consolidar prácticas de mejora sistemática dentro de la organización.

En términos de aplicabilidad, los hallazgos sugieren que la metodología puede ser replicada en otros procesos productivos del sector neumático, así como en industrias con características operativas similares, particularmente en aquellas donde existan altos niveles de variabilidad y tiempos improductivos asociados a cambios de operación.

Los resultados obtenidos guardan consistencia con lo reportado por Arista (2021), quien evidenció que la aplicación de DMAIC mejora el desempeño de los procesos mediante la medición y control de variables críticas. No obstante, el presente estudio amplía la evidencia empírica sobre su aplicación en contextos industriales, demostrando su utilidad en la optimización de procesos productivos orientados a la eficiencia operativa y la reducción de desperdicios.

8. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se desarrolló específicamente en el proceso de producción de láminas de compuestos perteneciente al sector neumático, considerando las condiciones operativas y los objetivos establecidos por la organización. En este sentido, una de las principales limitaciones radica en que los resultados obtenidos corresponden a un contexto productivo particular, por lo que su generalización a otros procesos o industrias debe realizarse con cautela.

No obstante, se propone que futuras investigaciones analicen la aplicación de la metodología DMAIC en otros procesos dentro del mismo sector industrial, donde las estrategias de mejora de la productividad y las variables críticas de operación puedan diferir de las abordadas en el presente estudio, aunque manteniendo objetivos orientados a la eficiencia y mejora continua. En esta línea, Reinoso (2016) aplicó la metodología DMAIC con el propósito de reducir la cantidad de productos defectuosos en una planta de fabricación de neumáticos, evidenciando su utilidad en distintos procesos industriales.

Asimismo, una futura línea de investigación podría centrarse en el análisis de la variable productos defectuosos y su influencia en la eficacia del proceso productivo. Resultaría pertinente identificar las principales causas asociadas a la generación de defectos y evaluar las acciones más efectivas para su reducción, debido a que ello permitiría disminuir reprocesos, optimizar recursos y mejorar la calidad de los productos elaborados.

De igual manera, futuras investigaciones podrían incorporar variables relacionadas con la sostenibilidad de las mejoras implementadas, el compromiso del personal y la cultura de mejora continua, con el propósito de evaluar el impacto de los factores organizacionales en la permanencia de los resultados obtenidos mediante la metodología DMAIC.

Desde una perspectiva práctica, se recomienda realizar reuniones periódicas con el equipo responsable de la implementación de la metodología DMAIC para fortalecer el seguimiento de las acciones establecidas y asegurar el cumplimiento del cronograma de mejora. Asimismo, resulta importante monitorear continuamente los indicadores de desempeño y difundir sus resultados entre los colaboradores, favoreciendo la retroalimentación, el análisis de avances y el reconocimiento de los logros alcanzados.

9. CONCLUSIONES

El análisis estadístico realizado confirmó que la variable productividad seguía una distribución normal, lo que permitió aplicar la prueba t de Student mediante el *software* SPSS para

contrastar la hipótesis de investigación. Los resultados mostraron un valor de $p = 0,000$, altamente significativo, lo que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. En consecuencia, se valida que la implementación de la metodología DMAIC generó un incremento estadísticamente significativo en la productividad del proceso de fabricación de láminas de compuestos en la empresa del sector neumático.

La aplicación sistemática de las fases del ciclo DMAIC permitió identificar y atacar la causa raíz de la baja productividad, principalmente asociada al tiempo excesivo en el cambio de código de compuesto. Las acciones de mejora implementadas como la estandarización de procedimientos, la capacitación del personal y el uso del AMEF para priorizar riesgos contribuyeron a reducir tiempos improductivos y optimizar recursos.

En términos prácticos, la eficiencia se incrementó de 70 % a 77 %; la eficacia, de 87 % a 92 %; y la productividad, de 61 % a 71 %. Además, hubo una reducción promedio de 1,12 minutos en el tiempo de cambio de código, lo que se tradujo en un beneficio económico estimado de S/ 6262 en el mes del postest.

Agradecimientos

Agradezco al equipo de trabajo por el apoyo y el compromiso.

DECLARACIONES

Disponibilidad de datos

Los datos de investigación están disponibles.

Uso de inteligencia artificial

Las herramientas de inteligencia artificial fueron utilizadas únicamente como apoyo lingüístico durante la etapa de edición del manuscrito, sin intervenir en el análisis, interpretación de resultados ni generación del contenido.

Conflicto de interés

Los autores han declarado no tener conflictos de interés.

Financiamiento

El estudio no recibió financiamiento.

Contribución de los autores (CRediT)

MA: conceptualización, metodología, análisis formal, recursos, redacción - borrador original y administración del proyecto.

CT: visualización, supervisión y validación.

MP: redacción - revisión y edición.

ET: *software* y curación de datos.

Aprobación ética

No aplicable.

Declaración de originalidad

El presente manuscrito es original y corresponde a una versión adaptada de una tesis académica depositada en un repositorio institucional. Asimismo, no ha sido publicado ni enviado simultáneamente a otra revista científica.

REFERENCIAS

- Arista, A. (2021). *Propuesta de mejora del nivel de calidad en una organización de educación superior técnica en Arequipa aplicando la metodología DMAIC* [Tesis de pregrado, Universidad Antonio Ruiz de Montoya]. Repositorio UARM. <https://hdl.handle.net/20.500.12833/2284>
- Asociación Automotriz del Perú. (2025). *Informe del sector automotor marzo 2025*. <https://aap.org.pe/storage/estadisticas/2025/Marzo.pdf>
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2016). *The lean toolbox: A handbook for lean transformation* (5.ª ed.). Picsie Books.
- BlueWeave Consulting. (2023, 23 de noviembre). *Peru tire market size set to grow at steady CAGR of 2.78%, touching USD 1.58 billion by 2029*. <https://www.blueweaveconsulting.com/press-release/peru-tire-market-size-set-to-grow-at-steady-cagr-of-2-78-touching-usd-1-58-billion-by-2029>
- Chávez, J., Santiesteban, N. A., Chavez González, F. O., Fierro-Xochitotl, M. C., & Luna, V. G. (2022). Optimización del proceso de barrenado para el incremento de productividad y reducción de rechazos a través de la metodología DMAIC: Caso empresa del sector automotriz. *Estudios de Administración*, 29(1), 142-164. <https://doi.org/10.5354/0719-0816.2022.66714>
- Chicaiza, J. S. (2022). *Aplicación del ciclo DMAIC de Lean Six Sigma para la mejora de los procesos de reparación y repinte en el área de colisiones de una empresa automotriz de la ciudad de Quito* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22609>
- Contreras, J. (2018, 6 de agosto). *Eficacia, eficiencia y productividad* [Publicación]. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/eficacia-eficiencia-y-productividad-jos%C3%A9-contreras-m%C3%A1rquez/>
- Council For Six Sigma Certification. (2018). *Six Sigma: A complete step-by-step guide*. <https://www.sixsigmacouncil.org/wp-content/uploads/2018/08/Six-Sigma-A-Complete-Step-by-Step-Guide.pdf>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4.ª ed.). Sage Publications.
- González, R. G., León, S. J., Ortega, C. G., & Parra, D. B. (2023). Método de mejora para incrementar la productividad en la industria maquiladora del vestido en base a la

- herramienta PHVA, DMAIC, Lean y Six sigma. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 2181-2202. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.407>
- Guerrero, J. F. (2020). *Disminución del tiempo de producción y mantenimiento de la productividad de la empresa Luisa Postres utilizando la metodología Six Sigma y el ciclo DMAIC*. [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional Uniandes. <https://hdl.handle.net/1992/49437>
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad* (3.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). *Informe técnico. Producción nacional*. https://www.inei.gob.pe/media/principales_indicadores/02-informe-tecnico-produccion-nacional-dic-2020.pdf
- Ingar, C. (2023). Lean Six Sigma y mejora de la productividad en el servicio de reparación de equipos de minería en una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, 26(2), 239-252. <https://doi.org/10.15381/idata.v26i2.25462>
- Juárez, J. E. (2018). *Implementación de la metodología DMAIC para la mejora de un proceso productivo en una empresa del ramo logístico* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional UNAM. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000781663>
- López, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad. Métodos para la mejora continua y la solución de problemas*. FC Editorial.
- Machi, L., & McEvoy, B. (2016). *The literature review: Six steps to success* (3.ª ed.). Corwin. <https://doi.org/10.4135/9781071939031>
- Morgan, J., & Brenig-Jones, M. (2012). *Lean Six Sigma for dummies* (2.ª ed.). John Wiley & Sons.
- Narváez, G. (2019). *Aplicación de un modelo de mejoramiento de la productividad basado en Lean Six Sigma a la empresa D'MAX SPORT S.A.S fabricante de calzado* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente]. Repositorio Institucional UAO. <http://hdl.handle.net/10614/10922>
- Navarro, E., Gisbert, V., & Pérez, A. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma [Edición especial]. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, (1), 73-80. <http://dx.doi.org/10.17993/3comp.2017.especial.73-80>
- Okes, D. (2019). *Root cause analysis: The core of problem solving and corrective action* (2.ª ed.). ASQ Quality Press.
- Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2014). *The Six Sigma Handbook* (4.ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Reinoso, G. (2016). *Propuesta de mejora para la reducción de productos defectuosos en una planta de producción de neumáticos aplicando la metodología Six Sigma* [Tesis de

pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7517>

Robson, C., & McCartan, K. (2016). *Real world research* (4.ª ed.). Wiley

Sartori, F., Pacheco, D., & Riehs, L. (2020). *Analysis and management of productivity and efficiency in production systems for goods and services*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429351679>

Shadish, W., Cook, T., & Campbell, D. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.

Socconini, L. (2015). *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios*. Marge books.

Socconini, L., & Reato, C. (2019). *Lean Six Sigma. Sistema de gestión para liderar empresas*. Marge Books.

Soliman, M. (2020). *Practical Guide to FMEA: A Proactive Approach to Failure Analysis*. <https://ssrn.com/abstract=3752461>

Vilar, J. (2024). *Control estadístico de los procesos (SPC)*. FC Editorial.

Webb, N. (2016). *What customers crave: How to create relevant and memorable experiences at every touchpoint*. Amacom.

