



Implementación de la metodología DMAIC para reducir costos de producción en una embotelladora de agua, Trujillo 2025.

Implementation of the DMAIC methodology to reduce production costs in a water bottling plant, Trujillo 2025.

Juan Gerardo Vargas-Díaz¹, Renzo José León-Reyes², Joe Alexis González-Vásquez³,
 Segundo Gerardo Ulloa-Bocanegra⁴

¹Universidad César Vallejo, La Libertad - Perú

Recibido: 11 de febrero de 2025.

Aceptado: 17 de julio de 2025.

Publicado: 01 septiembre de 2025.

Resumen- La presente investigación analiza la aplicación de la metodología DMAIC para reducir los costos de producción en una empresa embotelladora de agua ubicada en Trujillo, Perú. El objetivo fue implementar un sistema de mejora continua que permita identificar y reducir desperdicios en el uso de agua, tiempos de operación y reemplazo de bidones no reutilizables. El estudio siguió una metodología cuantitativa, con un diseño preexperimental de tipo explicativo, tomando una muestra de 48 días divididos entre pre y post implementación. Los datos fueron recopilados mediante entrevistas, fichas de observación, diagramas de Ishikawa y Pareto, y se procesaron con herramientas estadísticas. Los principales resultados mostraron una reducción total del 4.8% en los costos de producción de bidones de 20 litros, equivalente a un ahorro mensual aproximado de S/ 1,184.60. Esta cifra representa una mejora significativa considerando la escala operativa de la empresa y el potencial de incremento de beneficios con una mayor producción. Las conclusiones destacan que la aplicación de DMAIC permitió optimizar recursos clave como el agua, estandarizar procesos y capacitar al personal para mejorar la eficiencia operativa.

Palabras clave: mejora continua, lean manufacturing, six sigma, control de calidad, costos de producción, DMAIC.

Abstract— This research analyzes the application of the DMAIC methodology to reduce production costs in a bottled water company located in Trujillo, Peru. The main objective was to implement a continuous improvement system capable of identifying and minimizing waste in water usage, operational times, and the replacement of non-reusable 20-liter containers. A quantitative approach was used, with a pre-experimental and explanatory design, and a sample composed of 48 days split between before and after the intervention. Data were collected using interviews, observation guides, Ishikawa and Pareto diagrams, and processed through statistical analysis. The results showed a 4.8% reduction in the production costs of 20-liter bottles, equivalent to approximately PEN 1,184.60 in monthly savings. This outcome is significant for small-scale operations, especially considering the potential savings with increased production volumes. The conclusions highlight that DMAIC methodology helped optimize water usage, standardize procedures, and improve worker performance, ultimately enhancing production efficiency.

Keywords: continuous improvement, lean manufacturing, six sigma, quality control, production cost, DMAIC.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jvargasdi@ucvvirtual.edu.pe (Juan Gerardo Vargas Díaz).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Como citar este artículo: J. G. Vargas-Díaz, R. J. León-Reyes, J. A. González-Vásquez y S. G. Ulloa-Bocanegra, "Implementación de la metodología DMAIC para reducir costos de producción en una embotelladora de agua, Trujillo 2025", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 13, no. 3, pp. 01-10 2025, doi: [10.15649/2346030X.5400](https://doi.org/10.15649/2346030X.5400)

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en un mercado altamente competitivo, las empresas, especialmente las micro y pequeñas, enfrentan el desafío de gestionar sus recursos con mayor eficiencia. Reducir los costos operativos se ha convertido en una estrategia clave para sostener su viabilidad económica. En este contexto, las metodologías orientadas a la mejora continua resultan esenciales para perfeccionar los procesos, minimizar el desperdicio de recursos y elevar la rentabilidad. Entre estas herramientas, sobresale el ciclo DMAIC, perteneciente al enfoque Six Sigma, el cual busca optimizar tanto el desempeño organizacional como el de los procesos productivos, mediante la identificación y eliminación de las fuentes de variación e ineficiencia [1].

En Perú, muchas empresas del sector industrial aún enfrentan desafíos significativos relacionados con el desperdicio de recursos, tiempos improductivos y falta de estandarización en sus operaciones. Tal es el caso de las empresas embotelladoras de agua, que deben garantizar eficiencia en sus procesos para lograr competir en un cada vez más saturado mercado y exigente [2] [3]. Particularmente, la empresa Inversiones Guts e Hijos E.I.R.L., con ubicación en la ciudad de Trujillo, ha enfrentado elevados costos de producción asociados al uso ineficiente del agua tratada, prolongados tiempos de operación y el constante reemplazo de bidones retornables no reutilizables.

Diversos estudios nacionales e internacionales han demostrado el impacto positivo del modelo DMAIC en la disminución de gastos y optimización del desempeño productivo. Trabajos como los de Urrutia y Rodríguez [4], Pushug [5] y Bermúdez [6] evidencian que la implementación de esta metodología no solo reduce gastos, sino que también mejora la calidad de la gestión operativa e incentiva la adopción de prácticas de mejora continua.

Por tanto, la finalidad de esta investigación es examinar la repercusión de la aplicación del modelo DMAIC en la reducción de costos de una empresa embotelladora localizada en Trujillo. A través de una metodología cuantitativa con diseño preexperimental, se busca identificar los factores que más generan costos, aplicar soluciones concretas y evaluar su efectividad en un entorno real. Este estudio contribuye al conocimiento aplicado en la gestión de procesos y ofrece un referente replicable para otras empresas del rubro con características similares.

II. MARCO TEÓRICO

La metodología DMAIC es un enfoque estructurado derivado del modelo Six Sigma. Su propósito central es detectar y erradicar las causas raíz de los inconvenientes en los procesos, reduciendo la variabilidad y mejorando el desempeño general de la organización [7]. Esta metodología ha sido ampliamente aplicada en sectores industriales, logísticos y de servicios, permitiendo una estrategia fundamentada en el análisis de información cuantitativa para respaldar decisiones estratégicas [8]. Cada fase del ciclo DMAIC tiene un propósito específico. La fase de Definir busca comprender el problema y los requerimientos del cliente; la fase de Medir cuantifica el rendimiento actual del proceso; en Analizar se identifican las causas raíces; Mejorar propone e implementa soluciones; y Controlar establece mecanismos para mantener los cambios en el tiempo [9].

Los costos de la producción son aquellos vinculados con la elaboración de productos o la provisión de servicios, y suelen clasificarse comúnmente en tres grandes categorías: costos de materia prima, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación (CIF) [10]. Una adecuada gestión de estos componentes permite a las organizaciones controlar su rentabilidad, mejorar su competitividad y optimizar sus recursos disponibles. En el caso específico del agua embotellada, estos costos incluyen el consumo de agua tratada, el tiempo operativo del personal, los insumos como etiquetas y tapas, y el deterioro de envases retornables que requieren reposición constante.

Estudios recientes han evidenciado el impacto positivo de la implementación del modelo DMAIC en diferentes sectores. Por ejemplo, Urrutia y Rodríguez aplicaron la metodología en una empresa peruana del sector industrial, logrando reducir pérdidas económicas mediante la estandarización de procesos [11]. Pushug et al. en Ecuador evidenciaron una disminución significativa del consumo energético y una mejora del 15.16% en el rendimiento de una línea de envasado de detergentes [12]. Bermúdez demostró que la productividad puede incrementarse más del 20% mediante mejoras operativas sustentadas en un análisis preexperimental con el ciclo DMAIC [13]. Además, estudios internacionales como el de Mittal et al. en India y Wang et al. en China concluyeron que la aplicación de DMAIC no solo reduce costos, sino que incrementa la eficiencia operativa, mejora la calidad del producto y aporta a la sostenibilidad mediante la optimización de recursos como el agua [14] [15].

III. METODOLOGÍA

Este estudio se enmarcó dentro de una investigación de carácter aplicada, ya que su propósito fue resolver un problema concreto dentro de una empresa embotelladora de agua ubicada en Trujillo, Perú. Se adoptó una metodología basada en el enfoque tipo cuantitativo, con un diseño preexperimental de tipo explicativo [16] [17], dado que se intervino directamente sobre las variables con el propósito de medir los efectos de las acciones implementadas propuestas en los costos de producción, especialmente en los bidones de 20 litros.

Se trabajó con una muestra de 48 días productivos, divididos en dos periodos: 24 días antes y 24 días después de la aplicación del enfoque DMAIC. El criterio de inclusión fue considerar únicamente días con registros completos de producción; como criterio de exclusión se eliminaron domingos y feriados, ya que no hubo actividad operativa en dichos días.

La metodología se estructuró siguiendo las cinco fases del ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), perteneciente al enfoque Six Sigma [11] [12].

En la fase Definir se identificaron los principales problemas que incrementaban los costos de producción, tales como el desperdicio de agua tratada, los tiempos improductivos y el deterioro de bidones reutilizables. Para ello, se realizaron entrevistas semiestructuradas con el personal técnico y administrativo, y se elaboró el Project Charter que delimitó el alcance, los objetivos y las metas del estudio.

En esta fase se recopilaban datos cuantitativos mediante guías de observación y análisis documental de los costos contables [18]. Se aplicaron indicadores clave de desempeño (KPI) y una matriz de costos para registrar las variaciones en los tres factores analizados: materia prima (agua tratada desperdiciada, expresada en m³), mano de obra directa (tiempos de operación, medidos en segundos) y costos indirectos de fabricación –CIF– (bidones descartados, medidos en unidades).

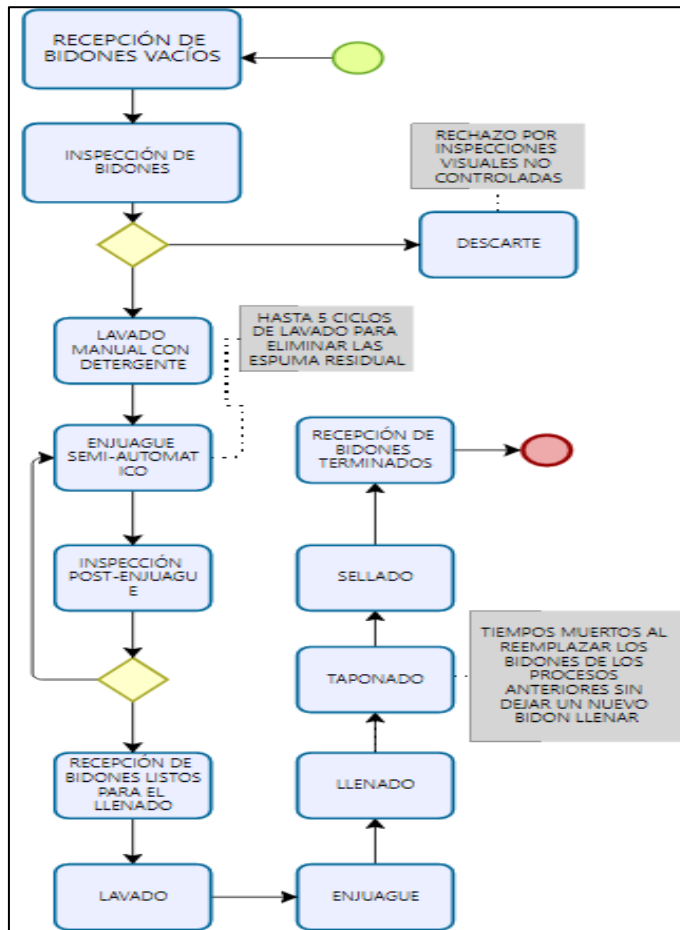


Figura 1: Diagrama de procesos (Pre-mejoras).
Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se observaron los tiempos de operación del personal en las diferentes etapas del proceso productivo, evaluando su desempeño y la secuencia de actividades en la línea de llenado de bidones. Para ello, se empleó la técnica Gemba Walk, que permitió observar directamente el proceso en planta y recopilar información en tiempo real sobre las causas de tiempos improductivos, especialmente aquellos asociados a deficiencias en la capacitación y estandarización de tareas.

Estos datos sirvieron como base para cuantificar las pérdidas de eficiencia y establecer la línea base de medición previa a la aplicación de las mejoras del ciclo DMAIC.

En la fase Analizar se identificaron las causas raíz de las ineficiencias mediante herramientas de mejora continua, como el diagrama causa-efecto y el gráfico de Pareto [19] [20], que permitieron priorizar los factores con mayor impacto económico.

En la fase Mejorar se implementaron acciones correctivas, como la instalación de medidores de caudal, la capacitación del personal y la estandarización de los procedimientos operativos, con el propósito de reducir el desperdicio y optimizar la eficiencia de los procesos productivos.

Finalmente, en la fase Controlar se establecieron mecanismos de seguimiento, empleando registros diarios de costos, gráficos de control y auditorías internas para verificar la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

Con el fin de examinar los datos mediante métodos estadísticos de los datos se utilizó el test Shapiro-Wilk para verificar la distribución normal de los datos, seguida de la prueba T de Student para las muestras relacionadas, lo que permitió evaluar si los cambios observados tras aplicar DMAIC fueron estadísticamente significativos [21] [22].

Asimismo, se empleó un análisis económico que incluyó el cálculo del análisis financiero se sustentó en indicadores como el VAN, la TIR y la relación beneficio-costo para evaluar la viabilidad financiera de las mejoras implementadas [23].

Finalmente, se garantizaron los principios éticos durante la recolección y tratamiento de datos, mediante consentimiento informado y anonimato de los participantes, en conformidad con las directrices institucionales de integridad científica [24] [25].

IV. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

La integración de DMAIC en los procesos operativos de la empresa embotelladora de agua permitió analizar los costos de producción en tres componentes clave: el uso de materia prima (agua tratada), el tiempo dedicado por los operarios y los costos no directamente atribuibles al producto (CIF) asociados al descarte de bidones retornables.

Los datos iniciales mostraron que el costo total mensual promedio de producción de bidones de 20 litros ascendía a S/. 24,679, desglosados en: S/. 13,144.04 en materia prima, S/. 6,810.00 en mano de obra directa, y S/. 4,725.00 en costos indirectos. El costo unitario por bidón fue de S/. 5.18, considerando una producción mensual promedio de 4762 unidades.

Tabla 1: Costo de producción mensual de bidones - Pretest.

Concepto	Detalle	Costo mensual (S/)
Costo de Materia Prima	Costo promedio mensual	S/ 12,858.84
Costo de Mano de Obra Directa	Operarios de producción	S/ 6,680.00
Costos Indirectos (CIF)	Luz	S/ 1,000.00
	Alcantarillado	S/ 100.00
	Internet	S/ 125.00
	Mantenimiento	S/ 1,200.00
	Otros	S/ 1498.00
COSTO TOTAL		S/ 23,461.84

Fuente: Elaboración propia.

La estimación del costo mensual de materia prima se realizó en función también de la producción de enero, febrero y marzo, que fue de 4481, 4751 y 5055 bidones respectivamente, alcanzando un promedio de 4762 unidades mensuales. Considerando un costo de S/ 2,760 por cada millar de bidones, se determinó un costo mensual promedio de materia prima de S/ 12,858.84. Se registró para mano de obra mensual un total de S/6,810, correspondiente a seis empleados con un salario individual de S/1,135. Respecto a los costos indirectos de fabricación, se consideraron gastos de luz (S/1,000), alcantarillado (S/100), internet (S/125), mantenimiento (S/1200) y otros costos (S/ 1498), lo que en resumen permitió establecer el costo total de producción previo a las mejoras implementadas.

Esta revisión evidenció deficiencias en la manipulación de los envases, atribuibles tanto a la falta de formación técnica como al uso inadecuado de insumos. Tales falencias ocasionan un aumento en los tiempos operativos, la aparición de períodos improductivos, necesidad de retrabajos y una baja eficiencia general, que influye directamente en el aumento de los costos de producción.

Tabla 2: Gemba Walk.

Gemba Walk		
“Hallazgos Gemba Walk – Área de Producción de Bidones”		
Área observada	Hallazgos (Problemas)	Recomendaciones (Acciones)
Zona de lavado de bidones	Uso excesivo de agua / ciclos repetidos innecesarios.	Optimizar métodos de lavado con Kaizen. Capacitar sobre secuencia correcta de lavado manual.
Zona de llenado	Operarios sin formación técnica. Lentitud y errores al llenar.	Capacitación técnica inmediata. Estudio de métodos para estandarizar tareas.
Área general de trabajo	Desorden en herramientas y materiales. Tiempos muertos por búsquedas.	Aplicar metodología 5S para ordenar y etiquetar materiales.
Ciclo completo de trabajo	Tiempos muertos, reprocesos, errores humanos que elevan costos de producción.	Capacitación continua, seguimiento con indicadores (KPI) y mejora continua.

Fuente: Elaboración propia.

Se estimó que en promedio se descartaban 3 envases al día por estar inhabilitados, lo que incrementaba significativamente los CIF. Estas causas fueron validadas utilizando instrumentos analíticos como el diagrama causa-efecto y el gráfico de Pareto, permitiendo priorizar las acciones de mejora.

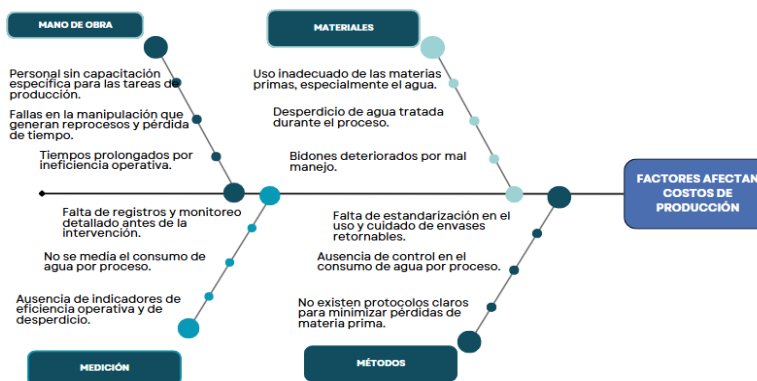


Figura 2: Espina de Ichikawa de factores que afectan los costos de producción.

Fuente: Elaboración propia.

El método DMAIC fue aplicada en la embotelladora de agua con el objetivo de bajar los costos de producción a través de un enfoque estructurado que comprende las fases de este método; Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Esta estrategia permitió intervenir en

aspectos críticos del proceso productivo, tales como el uso ineficiente del agua, los tiempos improductivos durante el embotellado y la reposición recurrente de bidones no reutilizables.

En la fase de Definir, se elaboró un diagrama de Ishikawa orientado a la línea de bidones de 20 litros, con el fin de identificar las causas fundamentales del incremento de los costos involucrados en la producción. En esta etapa se definió la situación inicial del proceso productivo de bidones de 20 litros, estableciendo la línea base de los costos de producción antes de la implementación del ciclo DMAIC. Se analizaron los registros de producción y costos de la empresa, definiéndose los costos unitarios y promedio asociados al agua tratada, envases, etiquetas, tapas y otros insumos. Esta información permitió cuantificar el nivel actual de gasto y servir como punto de comparación para las fases posteriores del proyecto de mejora.

Como parte de la fase Definir, se llevó a cabo la identificación de los factores críticos que impactaban directamente en el costo de fabricación de los bidones de 20 litros. A través de entrevistas con el personal operativo y administrativo, la observación directa en planta y el análisis de los registros de producción, se recopiló información detallada sobre las principales fuentes de desperdicio y pérdida de eficiencia.

Los factores identificados fueron analizados mediante el diagrama causa-efecto (Ishikawa), el cual permitió clasificar las causas en categorías relacionadas con método, maquinaria, mano de obra, materiales, medio ambiente y medición. Posteriormente, para priorizar las causas con mayor incidencia económica, se aplicó el gráfico de Pareto, complementado con la valoración del equipo técnico de producción.

De esta forma, se determinaron como factores críticos:

1. El uso ineficiente del agua tratada, que generaba desperdicios en las etapas de lavado y llenado.
2. Los tiempos prolongados de operación en el proceso de llenado, derivados de la falta de estandarización y capacitación.
3. La alta tasa de bidones descartados por deterioro o contaminación, que incrementaba los costos indirectos de fabricación (CIF).

Estos factores fueron seleccionados por su impacto directo en los costos unitarios de producción y su frecuencia de ocurrencia, sirviendo como base para el desarrollo de las siguientes fases del ciclo DMAIC.

Se elaboró un Project Charter que detalló los objetivos, responsables, restricciones y beneficios esperados. Se identificaron indicadores clave de rendimiento (KPI) mediante entrevistas al personal operativo, observación directa y revisión documental. Estos instrumentos permitieron establecer una línea base de evaluación cuantitativa de los costos asociados a los procesos.

Tabla 3: Indicadores clave de desempeño antes y después de la aplicación del ciclo DMAIC.

Indicador	Valor promedio diario (64 bidones) antes de la mejora	Valor promedio diario (64 bidones) después de la mejora	Variación (%)	Interpretación
Costo por bidones descartados	S/42.58	S/ 16.92	-60.27%	Se logró reducir casi a la mitad el gasto mensual por reposición de bidones no aptos, gracias al programa de mantenimiento implementado.
Costo por agua usada en lavado	S/ 5.85	S/ 2.94	-49.75%	Se alcanzó una mejora destacada con el uso del agua en lavado, disminuyendo significativamente el uso de agua.
Costo por tiempo de mano de obra	S/ 4.68	S/ 3.34	-28.47%	La capacitación del personal permitió reducir tiempos improductivos, mejorando la eficiencia por unidad producida.

Fuente: Elaboración propia.

Durante la fase de Medir, se eligió una muestra diaria de 64 bidones, la elección de una muestra respondió a criterios de practicidad y representatividad operativa, ya que este número permitió recopilar información suficiente de cada jornada sin interferir con el ritmo normal de producción. Además, el tamaño elegido asegura una variabilidad mínima en los promedios diarios, siendo adecuado para el análisis estadístico y la comparación entre periodos antes y después de la implementación del ciclo DMAIC. para el posterior análisis.

Se recolectaron datos referentes a los indicadores clave de desempeño (KPI) establecidos para evaluar la eficiencia del proceso productivo. Estos KPI fueron: el volumen de agua tratada desperdiciada (m³), como indicador del uso eficiente de materia prima; el tiempo promedio de llenado por bidón (segundos), como indicador de productividad de la mano de obra; y el número de bidones descartados (unidades), como indicador de los costos indirectos de fabricación (CIF) asociados al deterioro del envase. La medición de estos indicadores permitió establecer una línea base de desempeño y cuantificar el impacto económico de las ineficiencias antes de la implementación de las mejoras del ciclo DMAIC. Los cuales fueron organizados utilizando varias herramientas como el diagrama de Pareto, el análisis de capacidad del proceso (Cpk) y el método 5W+1H. El análisis de capacidad del proceso (Cpk) arrojó valores inferiores a 1 en los tres indicadores (agua desperdiciada, tiempo de llenado y bidones descartados), lo que indica que el proceso no cumplía con los límites de desempeño esperados ni garantizaba la consistencia del producto. Estos resultados justificaron la necesidad de aplicar acciones de mejora en las siguientes fases del ciclo DMAIC.

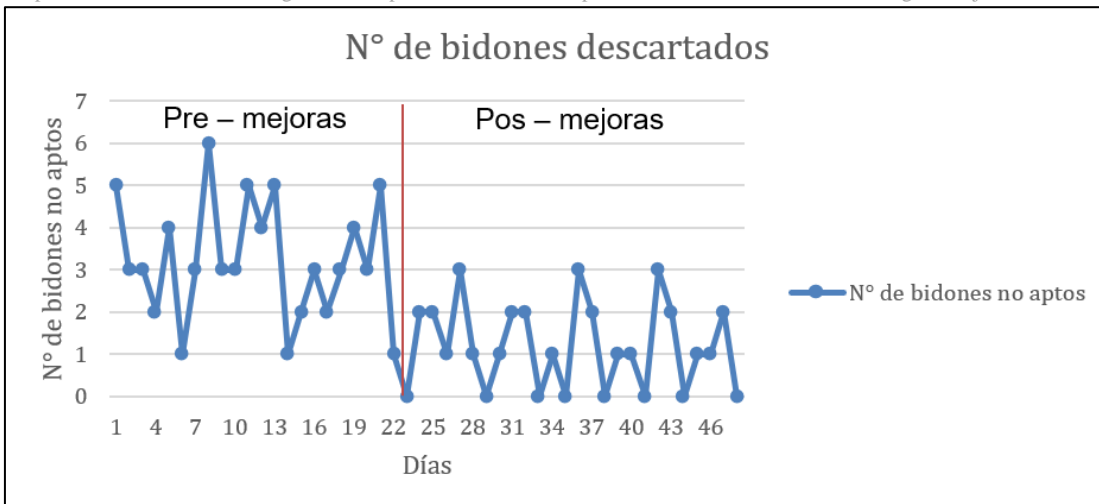


Figura 3: Gráficos de control del indicador bidones descartados.
Fuente: Elaboración propia.

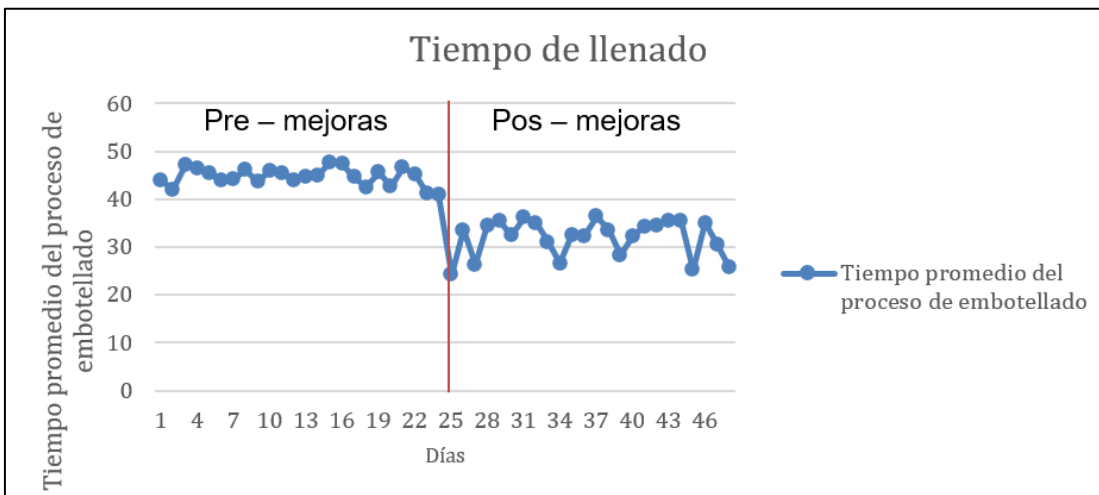


Figura 4: Gráficos de control del indicador tiempo de llenado.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 5: Gráficos de control del indicador agua usada.
Fuente: Elaboración propia.

En la fase de Analizar se identificaron las causas raíz de las ineficiencias a través de un nuevo diagrama de Ishikawa y un estudio general del área de producción. Se evaluó el costo total promedio diario, el cual ascendía a S/. 53.11 por 64 bidones producidos. Este monto, aunque no alarmante en cada indicador por separado, representaba un impacto acumulado significativo. El análisis validó la existencia de costos evitables cuya corrección tendría un efecto sustancial en la rentabilidad operativa.

Durante la etapa de mejorar se ejecutaron acciones específicas enfocadas en los puntos críticos detectados. Entre los factores críticos identificados se destacaron la capacitación del personal, la implementación de prácticas de recuperación de agua en el lavado y el mantenimiento preventivo de bidones para prolongar su vida útil. Estas acciones fueron seleccionadas tras el análisis de las causas raíz mediante el diagrama causa-efecto (Ishikawa) y su posterior priorización con el gráfico de Pareto, herramientas que evidenciaron que las principales fuentes de

sobrecosto estaban asociadas a la falta de estandarización de tareas operativas, el excesivo desperdicio de agua tratada y el deterioro acelerado de los envases reutilizables. Por ello, las mejoras se orientaron a fortalecer las competencias del personal, optimizar el uso de recursos y reducir las pérdidas materiales, aspectos con el mayor impacto económico dentro del proceso productivo.

Se establecieron cuatro acciones principales de mejora, orientadas a reducir los costos de producción en los tres factores críticos identificados:

1. Capacitación del personal operativo, enfocada en la estandarización de procedimientos de llenado y control del flujo de agua, con sesiones teórico-prácticas de dos horas por turno, durante una semana.
2. Implementación de un sistema de recuperación de agua tratada, mediante la instalación de válvulas y canaletas que permitieron reutilizar el agua del lavado de bidones en la etapa de pre enjuague.
3. Programa de mantenimiento preventivo de bidones, que incluyó inspección visual y segregación temprana de envases con deterioro, con el fin de prolongar su vida útil y reducir descartes.
4. Aplicación del método 5S en la zona de llenado, para optimizar la organización, limpieza y orden en las áreas operativas.

De las cuatro acciones propuestas, tres fueron implementadas exitosamente, alcanzando un nivel de ejecución del 75 %. Estas mejoras se desarrollaron siguiendo un plan de implementación de cuatro semanas, que incluyó la programación de actividades, asignación de responsables, y evaluación semanal de cumplimiento bajo los principios Kaizen, Poka-yoke y 5S.

El éxito de la implementación se midió en función de la variación observada en los indicadores clave de desempeño (KPI) definidos en la fase Medir:

- Volumen de agua tratada desperdiciada (m³).
- Tiempo promedio de llenado (seg/bidón).
- Bidones descartados (unidades).

Estas variaciones, respaldadas por los resultados estadísticos obtenidos ($p < 0.05$ en la prueba t para muestras relacionadas), confirmaron la efectividad de las acciones implementadas en la mejora de la eficiencia y la reducción de costos del proceso productivo.

Además, se aplicó un Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) con el propósito de identificar los puntos vulnerables del proceso con mayor impacto económico. El equipo de trabajo evaluó cada modo de fallo considerando los criterios de severidad (S), ocurrencia (O) y detección (D), calculando el Número de Prioridad de Riesgo ($RPN = S \times O \times D$) para priorizar las acciones correctivas. Los resultados se resumen en la Tabla 4, donde se evidencia que las fallas con mayor RPN correspondieron al desperdicio de agua tratada durante el lavado de bidones, seguido por los tiempos de llenado prolongados y el deterioro de envases reutilizables. Estos hallazgos permitieron focalizar las mejoras en la optimización del uso de agua, la estandarización de procedimientos operativos y la implementación de mantenimiento preventivo, alineándose con los objetivos de reducción de costos de producción.

Tabla 4: Resultados del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) en el proceso de llenado de bidones.

Proceso / Actividad	Modo de fallo	Causa principal	Efecto	S	O	D	RPN	Acción recomendada
Lavado de bidones	Desperdicio excesivo de agua tratada	Falta de control en válvulas / sin recirculación	Incremento de costos de materia prima	9	7	4	252	Implementar sistema de recuperación de agua
Llenado de bidones	Tiempos prolongados de llenado	Falta de estandarización / capacitación	Menor productividad	8	6	5	240	Capacitación y estandarización de tareas
Inspección final	Deterioro de bidones reutilizables	Manipulación inadecuada / falta de mantenimiento	Incremento de CIF	7	6	5	210	Programa de mantenimiento preventivo
Almacenamiento	Desorden en área de acopio	Falta de señalización y limpieza	Retrasos y confusión	5	4	6	120	Aplicación del método 5S

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la fase de Control se evaluó la sostenibilidad de las mejoras implementadas. Se compararon los datos pre y post intervención, observándose una reducción promedio del 58.09 % en los indicadores de costo y un aumento del 53 % en el rendimiento del proceso productivo. Estos resultados demostraron no solo la efectividad de las acciones aplicadas, sino también la estabilización del proceso productivo en el tiempo. Tras implementar las soluciones planteadas en la fase "Mejorar" del ciclo DMAIC, los resultados obtenidos mostraron una reducción en los tres indicadores clave:

Tabla 5: Comparación de indicadores de costo de producción antes y después de la mejora.

Indicador	Antes (S/.)	Después (S/.)	Reducción (%)
Costo por bidones descartados	42.58	16.92	-60.27%
Costo por agua usada en lavado	5.85	2.94	-49.75%
Costo por tiempo de mano de obra	4.68	3.34	-28.47%
Costo total	0.824	0.358	-56.55%

Fuente: Elaboración propia.

En términos monetarios, el costo unitario por bidón disminuyó de S/. 5.18 a S/. 4.93, generando un ahorro aproximado de S/. 0.25 por unidad. Esto representa una reducción global del 4.8% en los costos de producción, equivalente a S/. 1,184.60 mensuales.

Después de implementar la metodología DMAIC, se evaluó su impacto directo sobre los costos de producción, considerando los tres factores clave previamente identificados: materia prima (agua desperdiciada), mano de obra (tiempo de llenado por operario) y costos que no se relacionan con la fabricación (CIF) asociados a la reposición de bidones no reutilizables. Continuando, se presentan los resultados que fueron obtenidos en términos de costo unitario antes y después de la intervención, así como el cumplimiento de todos los objetivos propuestos:

Tabla 6: Resultados de los costos de producción pre y post implementación DMAIC.

Factor	Muestras	Costo unitario pre-DMAIC (S/)	Costo unitario post-DMAIC (S/)	Variación porcentual
Materia Prima (agua)	64	0.091	0.046	-49.45%
Mano de Obra	64	0.073	0.052	-28.76%
CIF (bidones dañados)	64	0.66	0.26	-56.55%
Costo total unitario	64	0.824	0.358	-56.55%

Fuente: Elaboración propia.

Los hallazgos evidencian una reducción considerable en los costos unitarios vinculados a todos los factores analizados, lo que evidencia el efecto positivo de la metodología DMAIC en los procesos de producción de la empresa.

En el caso de la materia prima, se logró reducir el costo por unidad en un 49.45 %, como consecuencia de una menor pérdida de agua tratada (m^3). Respecto a la mano de obra directa, la reducción del 28.76 % en el costo unitario superó ampliamente la expectativa del 20 %, resultado atribuible a la estandarización de los procesos de llenado (segundos/bidón), la disminución de tiempos improductivos y la reorganización eficiente del trabajo en planta. En relación con los costos indirectos de fabricación (CIF), se observó una disminución del 60.61 % en el costo de reposición de bidones descartados (unidades/lote), producto de nuevas pautas de selección, control de calidad y reutilización de envases.

El análisis de capacidad del proceso (Cpk) evidenció un incremento significativo tras la implementación de las mejoras: el Cpk del desperdicio de agua aumentó de 0.78 a 1.45, el del tiempo promedio de llenado de 0.84 a 1.39, y el de bidones descartados de 0.71 a 1.52. Estos valores confirman que los procesos pasaron de estar fuera de control y con baja capacidad, a encontrarse dentro de los límites especificados y con desempeño estable y predecible.

Finalmente, el costo total unitario por bidón se redujo de S/ 0.824 a S/ 0.358, lo que representa una mejora del 56.55 %. Este resultado, junto con el aumento de los índices Cpk, valida la efectividad de la metodología DMAIC como herramienta integral de mejora continua, con impacto directo en la eficiencia operativa, la rentabilidad y la sostenibilidad a largo plazo.

Se aplicó la prueba Shapiro-Wilk para validar la normalidad de los datos, obteniéndose un valor de $p = 0.326$, por lo que se aceptó la hipótesis nula de normalidad. Posteriormente, se utilizó la prueba t de Student para muestras relacionadas, resultando un $p < 0.001$, lo que permitió rechazar la hipótesis nula y confirmar que la metodología DMAIC generó una reducción estadísticamente significativa de los costos de producción.

Tabla 7: Prueba de normalidad – Shapiro Wilk.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Reduce_Costos	0.178	24	0.049	0.954	24	0.326

Fuente: Elaboración propia.

Se aplicaron las pruebas de Kolmogorov–Smirnov y Shapiro–Wilk para verificar el supuesto de normalidad de los datos correspondientes a la variable reducción de costos. Los resultados mostraron un valor de $p = 0.049$ en la prueba de Kolmogorov–Smirnov y $p = 0.326$ en la prueba de Shapiro–Wilk.

Considerando un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, la prueba de K–S sugiere rechazar la hipótesis de normalidad, mientras que la de S–W no la rechaza. Sin embargo, dado que el tamaño muestral fue $n = 24$, se optó por priorizar la interpretación de la prueba de Shapiro–Wilk, recomendada por su mayor potencia y precisión en muestras pequeñas. Por tanto, se concluye que los datos se distribuyen normalmente, cumpliendo el supuesto necesario para la aplicación de la prueba t de Student para muestras relacionadas.

Tabla 8: Prueba de muestras emparejadas.

Prueba de muestras emparejadas										
Diferencias emparejadas										
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Significación	
					Inferior	Superior			P de un factor	P de dos factores
Mejora 1	Preprueba - Postprueba	25.67	22.86	4.67	16.01	35.32	5.5	23	<.001	<.001
Mejora 2	Preprueba1 - Postprueba2	0.020	0.007	0.001	0.02	0.024	14.18	23	<.001	<.001
Mejora 3	Preprueba3 - Postprueba4	2.91	0.53	0.108	2.69	3.13	26.85	23	<.001	<.001

Fuente: Elaboración propia.

V. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN O MEJORAS

Con base en los resultados obtenidos y en las causas raíz identificadas durante la fase de análisis de la metodología DMAIC, se plantearon e implementaron diversas propuestas de mejora orientadas a la reducción de los costos de producción en la línea de bidones de 20 litros de la empresa embotelladora.

Se rediseñó el proceso de lavado de bidones con el objetivo de reducir el volumen de agua desperdiciada. Se instalaron medidores en puntos críticos del sistema para controlar el consumo y se establecieron ciclos de enjuague más eficientes. Adicionalmente, se propuso la implementación futura de un sistema de recirculación de agua osmotizada.

Se elaboró e impartió un programa de capacitación dirigido al personal operativo para estandarizar el tiempo de llenado y manipulación de los envases. Esta intervención incluyó la aplicación de herramientas de calidad como 5S y Poka-Yoke, con el propósito de minimizar errores, reducir tiempos muertos y aumentar la eficiencia por unidad producida.

Se estableció un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para envases reutilizables. Esto incluyó protocolos de inspección visual y rotación sistemática para maximizar la vida útil de los bidones y disminuir la tasa de descarte. Se priorizó la compra de bidones con mayor resistencia y durabilidad, evaluando su desempeño en campo.

Sistema de monitoreo y control continuo Se diseñó una matriz de indicadores clave de desempeño (KPI) para el seguimiento de las tres dimensiones críticas del proceso: materia prima, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación (CIF). Los KPI definidos fueron los siguientes:

- KPI 1: Volumen de agua tratada desperdiciada (m^3 /mes), mide la eficiencia en el uso del recurso hídrico durante las etapas de lavado y llenado.
- KPI 2: Tiempo promedio de llenado por bidón (segundos/bidón), evalúa la productividad operativa del personal en la línea de envasado.
- KPI 3: Número de bidones descartados (unidades/mes), refleja el control de calidad y la efectividad del mantenimiento preventivo de los envases.

Este sistema de monitoreo permite realizar un seguimiento mensual de las mejoras implementadas, facilitando la detección temprana de desviaciones y garantizando la sostenibilidad de los resultados en el tiempo. Los valores de los KPI se registran en una base de datos digital y se visualizan mediante gráficos de control y reportes comparativos, que sirven de soporte para la toma de decisiones operativas.

Como línea futura, se propone incorporar indicadores ambientales relacionados con la eficiencia hídrica y energética. Esta iniciativa no solo fortalecería el enfoque de mejora continua, sino que también alinearía la producción con principios de sostenibilidad y responsabilidad social empresarial.

VI. CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología DMAIC en una empresa embotelladora de agua permitió alcanzar mejoras significativas en la eficiencia operativa y en la reducción de costos de producción. En términos generales, se logró una disminución del 56.55 % en los costos unitarios vinculados a los procesos intervenidos, destacándose resultados positivos en cada uno de los factores analizados.

Los resultados finales evidencian la efectividad de las acciones implementadas en la reducción de costos y la mejora del desempeño del proceso productivo. Tras la aplicación del ciclo DMAIC, se observaron mejoras sustanciales en los tres factores críticos analizados: materia prima, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación (CIF).

De manera complementaria, el análisis de capacidad del proceso (Cpk) mostró incrementos significativos en los tres indicadores, reflejando una mayor estabilidad y control del proceso. En el caso del uso de agua tratada, el Cpk aumentó de 0.78 a 1.45, indicando una disminución en la variabilidad y un mejor aprovechamiento del recurso hídrico. Para la mano de obra, el Cpk pasó de 0.84 a 1.39, evidenciando una operación más uniforme tras la estandarización de tareas y la capacitación del personal. Finalmente, el Cpk de los costos indirectos relacionados con los bidones descartados se incrementó de 0.71 a 1.52, lo que confirma una mejora en el control de calidad y en las prácticas de mantenimiento preventivo de envases.

Estos resultados, en conjunto, demuestran que las acciones aplicadas —capacitación del personal, estandarización de procesos, implementación de prácticas de recuperación de agua y programa de mantenimiento de bidones— contribuyeron significativamente a incrementar la capacidad y eficiencia del proceso, logrando reducciones sostenibles de costos y consolidando la efectividad de la metodología DMAIC como herramienta de mejora continua.

En términos globales, el costo unitario por bidón descendió de S/ 5.18 a S/ 4.93, generando un ahorro mensual estimado de S/ 1,184.60, lo que representa una reducción del 4.8 % del costo total de producción. Aunque porcentualmente esta cifra pueda parecer moderada, su impacto es relevante para una microempresa, y puede escalarse conforme aumente el volumen de producción. Adicionalmente, el enfoque aplicado no solo contribuye al ahorro económico, sino que también promueve una gestión más sostenible y racional de los recursos.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda mantener y actualizar periódicamente el sistema de monitoreo de indicadores clave (agua, mano de obra, bidones descartados) a fin de asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

Establecer un cronograma de mantenimiento preventivo para los bidones retornables y los equipos de lavado y llenado, lo que puede evitar paradas inesperadas y reducir el desperdicio de materiales.

Implementar sistemas de recuperación de agua tratada para el proceso de lavado, con tecnologías de recirculación que reduzcan el consumo de agua potable sin afectar la calidad del producto.

Reforzar los programas de capacitación continua al personal operativo, con énfasis en buenas prácticas de manipulación, estandarización de procesos y cultura de mejora continua.

Incorporar indicadores de sostenibilidad ambiental como huella hídrica y consumo energético en el sistema de control de producción, alineando el desempeño de la empresa con los principios de responsabilidad social y eficiencia ecológica

VIII. REFERENCIAS

- [1] T. Pyzdek y P. Keller, "Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels," 6th ed., McGraw-Hill Education, 2024.
- [2] R. Economía, "Las embotelladoras de agua, una industria en crecimiento," *Revista Economía*, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.revistaeconomia.com/las-embotelladoras-de-agua-una-industria-en-crecimiento/>.
- [3] Euromonitor, "Bottled Water in Peru," [En línea]. Disponible en: <https://www.euromonitor.com/bottled-water-in-peru/report>.
- [4] A. M. Urrutia Rodríguez y M. A. Rodríguez Alza, "Improvement proposal for cost reduction through the implementation of a quality management system at Induamerica SL," *Proc. 21th LACCEI Int. Multi-Conf. for Eng., Educ. and Technol.*, 2023.
- [5] J. Pushug, L. Ramírez, I. Simbaa y D. Saquina, "Powder Detergent Packaging Line Improvement by Lean Six Sigma DMAIC Methodology," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572276239004/>.
- [6] A. T. Bermúdez Cruz, "Diseño de un sistema de gestión de calidad bajo la metodología DMAIC con alcance a toda la empresa LWS," Universidad Hispanoamericana, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dspace-uh-tmp.igniteonline.la/handle/123456789/8523>.
- [7] T. Pyzdek y P. Keller, "Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels," 6th ed., McGraw-Hill Education, 2024.
- [8] A. C. Dzulinski, A. Braghini Jr. y D. M. G. Chiroli, "Design for Six Sigma: A Review of the Definitions, Objectives, Activities, and Tools," *Engineering Management Journal*, vol. 35, no. 2, 2022.
- [9] What is DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve, Control, Six Sigma Certification and Training, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.6sigmacertificationonline.com/what-is-dmaic/>.
- [10] R. Carbaugh, "Production and the Costs of Production," pp. 92-122, 2024.
- [11] A. M. Urrutia Rodríguez y M. A. Rodríguez Alza, "Improvement proposal for cost reduction through the implementation of a quality management system at Induamerica SL," *Proceedings of the 21th LACCEI International Multi-Conference*, 2023.
- [12] J. Pushug, L. Ramrez, I. Simbaa y D. Saquina, "Powder Detergent Packaging Line Improvement by Lean Six Sigma DMAIC Methodology," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572276239004/>.
- [13] A. T. Bermúdez Cruz, "Diseño de un sistema de gestión de calidad bajo la metodología DMAIC con alcance a toda la empresa LWS," Universidad Hispanoamericana, 2024.
- [14] V. Kumar, A. Mittal, P. Verma y J. Antony, "Mapping the TQM implementation approaches and their impact on realizing leadership in Indian tyre manufacturing industry," *TQM Journal*, 2023.
- [15] A. Wang, H. Zhang, X. Li, X. Zhang y W. Wang, "Method for Controlling Production Cost of Nano Ti-based Materials based on DMAIC," *Manufacturing Technology*, vol. 23, no. 3, 2023.
- [16] J. Ñaupas Paitán et al., *Metodología de la investigación: cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*, 5ª ed., Bogotá: Ediciones de la U, 2018.
- [17] C. M. Arispe Alburquerque et al., *La investigación científica* [en línea], Guayaquil: UIDE, 2020. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4310>.
- [18] M. B. J. Jesús, "Control interno y la gestión de inventarios de una empresa comercial," 2021. Disponible en: <https://repositorio.uch.edu.pe/handle/20.500.12872/622>.
- [19] Delgado et al., "El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años," 2021.
- [20] A. P. Santos et al., "Utilização da ferramenta Diagrama de Pareto para auxiliar na identificação dos principais problemas nas empresas," 2020. Disponible en: <https://unisaesiano.com.br/aracatuba/wp-content/uploads/2020/12/Artigo>.
- [21] C. E. F. Tapia y K. L. F. Cevallos, "Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov," *Societas*, vol. 23, no. 2, pp. 83–106, 2021.
- [22] T. R. Kratochwill et al., "Single-case intervention research design standards: Additional proposed upgrades and future directions," *J. School Psychol.*, vol. 97, 2023.
- [23] R. Carbaugh, *Production and the Costs of Production*, s.l.: s.n., pp. 92–122, 2024.
- [24] L. K. Inguillay Gagnay, S. L. Tercero Chicaiza y J. López Aguirre, "Ética en la investigación científica," *Rev. Imaginario Social*, vol. 3, no. 1, 2020.
- [25] C. Ramos-Galarza, "Editorial: Los alcances de una investigación," *CienciAmérica*, vol. 9, no. 3, pp. 336, 2020.