

# Process improvement applying the DMAIC methodology in a plastic injection plant

Sebastian A. Julcarima, *Bachiller*<sup>1</sup> , Lucy G. Aragon Casas, *Doctor*<sup>2</sup> 

<sup>1,2</sup>Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, [sjulcarima@pucp.edu.pe](mailto:sjulcarima@pucp.edu.pe), [laragonc@pucp.pe](mailto:laragonc@pucp.pe)

*Abstract– In a constantly growing global plastics market, continuous process improvement has become essential to ensure quality and customer satisfaction, which in turn allows the company to maintain its competitiveness. This study focuses on the application of the DMAIC methodology to improve the manufacturing process of plastic caps in a medium-sized company with more than 30 injection machines. The analysis begins with the definition of the most important problems that affect the quality of the product, using tools such as the QFD matrix. After identifying that the variability of the quality of the final product must be reduced due to the amount of scrap used and the variability of the dimensions of the caps. Information on the relevant variables is then measured and collected to determine the magnitude of these problems. The analysis to determine the root causes of both problems is carried out using the Ishikawa diagram and R&R analysis, identifying that the lack of experience of the inspectors is the main cause of the problem of the high variability of the inspectors when measuring the variable cap diameter. And the high percentage of scrap use is the main cause of the problem of batches with inferior quality. Next, it is proposed that the personnel who measure the variable diameter of the cap should be trained. In addition, the standardization of raw material acceptance criteria is proposed, which are implemented and remeasured to evaluate their effectiveness. As part of the control stage, indicators and the tools to control them are established. Likewise, activities are proposed for quality management, including periodic audits and the promotion of a culture of continuous improvement. The systematic approach used is data-driven and has proven to be effective in addressing quality issues, reducing the variability of physical attributes associated with quality. This will improve competitiveness in the market. The results and recommendations derived from this study provide valuable guidance for quality management and continuous improvement in the plastic injection plant.*

*Keywords– Quality process, quality tools, DMAIC, process improvement.*

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

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

**DO NOT REMOVE**

# Propuesta de mejora aplicando la metodología DMAIC en una planta inyectora de plásticos

Sebastian A. Julcarima, *Bachiller*<sup>1</sup> , Lucy G. Aragon Casas, *Doctor*<sup>2</sup> 

<sup>1,2</sup>Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, [sjulcarima@pucp.edu.pe](mailto:sjulcarima@pucp.edu.pe), [laragone@pucp.pe](mailto:laragone@pucp.pe)

**Resumen—** En un mercado global de plásticos en constante crecimiento, la mejora continua de procesos se ha vuelto esencial para garantizar la calidad y satisfacción del cliente, lo que a su vez permite a la empresa mantener su competitividad. Este estudio se centra en la aplicación de la metodología DMAIC para mejorar el proceso de fabricación de tapas de plástico en una empresa mediana con más de 30 máquinas inyectoras. El análisis inicia con la definición de los problemas más importantes que afectan la calidad del producto, utilizando herramientas como la matriz QFD. Luego de identificar que se debe reducir la variabilidad de la calidad del producto final debido a la cantidad de scrap utilizado y la variabilidad de las dimensiones del tapón de las tapas. Seguidamente, se mide y recopila información sobre las variables relevantes para determinar la magnitud de estos problemas. El análisis para determinar las causas raíz de ambos problemas se realiza utilizando el diagrama de Ishikawa y análisis R&R, identificándose que la falta de experiencia de los inspectores es la causa principal del problema de la alta variabilidad de los inspectores al medir la variable diámetro de tapón. Y el alto porcentaje de uso de scrap es la causa principal del problema de lotes con calidad inferior. Seguidamente, se proponen que se debe capacitar al personal que realiza la medición de la variable diámetro del tapón. Además, se propone la estandarización de criterios de aceptación de materia prima, que se implementan y se vuelven a medir para evaluar su efectividad. Como parte de la etapa control, se establecen indicadores y las herramientas para controlarlos. Así también, se propone actividades para la gestión de la calidad, incluyendo auditorías periódicas y la promoción de una cultura de mejora continua. El enfoque sistemático utilizado está basado en datos y ha demostrado ser efectivo para abordar problemas de calidad, reducir la variabilidad de los atributos físicos asociados a la calidad. Esto permitirá mejorar la competitividad en el mercado. Los resultados y recomendaciones derivadas de este estudio proporcionan una guía valiosa para la gestión de calidad y la mejora continua en la planta de inyección de plásticos.

**Palabras clave—**Calidad, herramientas de la calidad, mejora de procesos, control estadístico de procesos, DMAIC.

## I. INTRODUCCIÓN

En un entorno empresarial cada vez más competitivo y dinámico, la mejora continua de los procesos se ha convertido en un factor crucial para la sostenibilidad y el éxito organizacional. En particular, en el sector de la inyección de plásticos, donde la demanda y la competencia son altas, la optimización de los procesos de fabricación se vuelve fundamental para garantizar la calidad del producto, la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

Durante el periodo comprendido entre 2022 y 2021, el mercado global de plásticos experimentó un notable crecimiento, con un aumento significativo en la producción de aproximadamente 20 millones de toneladas [1]. Este aumento en la producción ha intensificado aún más la competencia entre las empresas del sector, impulsando la necesidad de adoptar enfoques innovadores y eficientes para mantenerse competitivos en el mercado actual.

La mejora de procesos, definida como el proceso continuo y sistemático de identificar, analizar y mejorar los procesos existentes dentro de una organización, se ha establecido como una estrategia fundamental para lograr la eficiencia, calidad y satisfacción del cliente [2]. Desde la identificación de áreas problemáticas hasta la implementación de soluciones y el seguimiento del progreso, el proceso de mejora implica un enfoque holístico y colaborativo que impulsa la excelencia operativa y la innovación continua [3, 4].

Un ejemplo notable de los beneficios de la mejora de procesos en la industria de plásticos, donde la aplicación de la metodología DMAIC permitió identificar y abordar eficazmente los desafíos clave en su proceso de producción según casos de éxito el rubro de manufactura de plásticos, donde se logra reducir la merma en sus procesos productivos [6]. Este enfoque ha llevado a una reducción significativa en la cantidad de desperdicios generados durante los procesos productivos, lo que no solo ha mejorado la rentabilidad y la competitividad de las operaciones, sino que también ha contribuido positivamente a la sostenibilidad ambiental del negocio [7]. La aplicación exitosa de la metodología DMAIC en la industria de plásticos ejemplifica cómo la mejora de procesos puede conducir a una reducción significativa de desperdicios y defectos en la producción [8]. Esta reducción no solo mejora la rentabilidad y la competitividad de las operaciones, sino que también tiene un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental del negocio.

En este contexto, el presente estudio se centra en el análisis y la mejora del proceso de fabricación de tapas de plástico mediante la aplicación de la metodología DMAIC. A través de un enfoque estructurado y basado en datos, se busca identificar oportunidades de mejora, abordar desafíos clave y optimizar la calidad y eficiencia del proceso de producción, tomando como referencia los éxitos previos en la industria.

## II. METODOLOGÍA

Seguiremos el enfoque DMAIC, compuesto por cinco etapas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Este método proporciona un marco estructurado para la mejora continua de procesos. En la etapa de Definir, se establecen

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).  
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).  
DO NOT REMOVE

objetivos y se identifican problemas. Luego, en Medir, se recopilan datos clave asociados a los objetivos. Posteriormente, en Analizar, se identifican las causas raíz. En la etapa de Mejorar, se desarrollan e implementan soluciones, mientras que, en Controlar, se establecen medidas para mantener las mejoras. Este enfoque permite abordar eficazmente los desafíos y mejorar la calidad y eficiencia de manera sistemática. [9]

#### A. Definir

Descripción del problema: Identificar y describir claramente el problema o la oportunidad de mejora en el proceso de la planta de inyección de plásticos.

Objetivos del proyecto: Establecer objetivos específicos, medibles, alcanzables, relevantes y limitados en el tiempo para el proyecto de mejora [10].

Alcance del proyecto: Delimitar el alcance del proyecto, especificando qué procesos o incluidas en el estudio.

#### B. Medir

Identificación de medidas clave: Determinar qué medidas de desempeño son críticas para evaluar la calidad del proceso.

Recopilación de datos: Recolecta datos relevantes sobre el proceso, utilizando herramientas de recolección de datos como hojas de control, registros históricos, y otros [11].

#### C. Analizar

Análisis de datos: Utilizar herramientas estadísticas y de análisis de datos, como histogramas, gráficos de control, análisis de causa raíz, y otros, para identificar patrones, tendencias o posibles causas de los problemas identificados.

#### D. Mejorar

Desarrollo de soluciones: Generar y evaluar posibles soluciones para abordar las causas raíz identificadas, utilizando técnicas como lluvia de ideas, análisis de costo-beneficio, y otros.

Implementación de soluciones: Implementar las soluciones seleccionadas, asegurándose de realizar cambios controlados, documentar los resultados obtenidos, así como la optimización de procesos utilizando métodos estadísticos [12].

#### E. Controlar

Establecimiento de controles: Desarrollar planes de control para monitorear y mantener los cambios implementados, incluyendo indicadores clave de desempeño, puntos de control y acciones correctivas [11].

Seguimiento y retroalimentación: Realizar un seguimiento continuo del desempeño del proceso, recopilando datos y comparando los resultados con los objetivos establecidos [13]. Realiza ajustes según sea necesario para mantener la mejora continua.

### III. CASO DE ESTUDIO

El siguiente trabajo es sobre una empresa mediana dedicada a la elaboración de tapas de plástico mediante el proceso de inyección de plásticos localizada en Perú. Esta empresa tiene como principales productos tapas destinadas al sector alimenticio y agroindustrial. Nos centraremos principalmente en el área de control de calidad que consta de 7 inspectores, 2 analista y un jefe de aseguramiento de la calidad.

Actualmente, se utilizan herramientas manuales para la mayoría de inspecciones. Entre sus principales herramientas encontramos vernieres, torquímetros, dinamómetros.

### IV. RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente, se utilizaron herramientas de Six Sigma para identificar y resolver el problema.

#### A. Definir

En esta fase inicial del proyecto, emplearemos la Matriz QFD para conectar las necesidades del cliente con mejoras específicas en el producto. Esta herramienta estratégica nos guiará para identificar áreas clave de enfoque y asegurar que nuestras acciones estén alineadas con las expectativas del cliente desde el principio.

De la matriz QFD se encontró que los requerimientos técnicos más relevantes son el uso de materia prima de calidad y que el producto tenga tapones dentro de los límites de especificación (Ver figura 1). Con los atributos más importantes ahora se procede a establecer lo siguiente:

1) *Objetivos del proyecto:* El propósito del proyecto es mejorar la calidad de las tapas de plástico moldeadas por inyección, centrándose en dos aspectos principales: asegurar el uso de materia prima de calidad y garantizar que los tapones estén dentro de los límites de especificación. El objetivo final es aumentar la satisfacción del cliente y mejorar la competitividad del producto en el mercado.

2) *Alcance del proyecto:* El proyecto se enfocará en las etapas de fabricación de las tapas, desde la selección de la materia prima hasta el control de calidad del producto final. Se incluirán actividades relacionadas con la mejora de los procesos de adquisición de materia prima, así como el desarrollo de controles de calidad más efectivos para los tapones.

3) *Equipo del proyecto:* Identifica a los miembros del equipo, que pueden incluir representantes de producción, calidad, compras y desarrollo de productos. Asigna roles y responsabilidades claras para cada uno, asegurando que todos estén alineados con los objetivos del proyecto.

4) *Cliente y requisitos del cliente:* Comprende las necesidades y expectativas del cliente relacionadas con la calidad y funcionalidad de las tapas de plástico. Asegúrate de que los requisitos técnicos identificados estén alineados con las expectativas del cliente y los estándares de la industria.

5) *Definición del problema:* El problema que enfrenta la empresa se relaciona con la falta de consistencia en la calidad de las tapas de plástico moldeadas por inyección. Esta se manifiesta principalmente en dos aspectos identificados a través de la matriz QFD y el análisis de requisitos técnicos el primero, el uso de materia prima de calidad insuficiente. Se ha observado una variabilidad significativa en la calidad de la materia prima utilizada en la fabricación de las tapas. Esto se traduce en tapas con diferentes propiedades físicas, lo que afecta la uniformidad y la calidad del producto final. La falta de control sobre la calidad de la materia prima ha llevado a problemas como la

fragilidad, la opacidad y la falta de resistencia en algunas tapas, lo que afecta su funcionalidad y durabilidad. Y en segundo lugar los tapones fuera de los límites de especificación, específicamente el problema identificado es la inconsistencia en las dimensiones y características de los tapones utilizados en las tapas. Se ha observado que algunos tapones están fuera de los límites de especificación establecidos, lo que resulta en un sellado deficiente, fugas o dificultades en la aplicación de las tapas. Esto puede llevar a una experiencia insatisfactoria por

parte del cliente, así como a reclamaciones y devoluciones de productos.

6) *Criterios de éxito:* Los criterios de éxito incluirán la mejora en la consistencia de la calidad de las tapas, medida por la reducción en la variabilidad de los tapones y una mayor conformidad con las especificaciones. Además, se espera aumentar la satisfacción del cliente en un 20% en un plazo de seis meses.

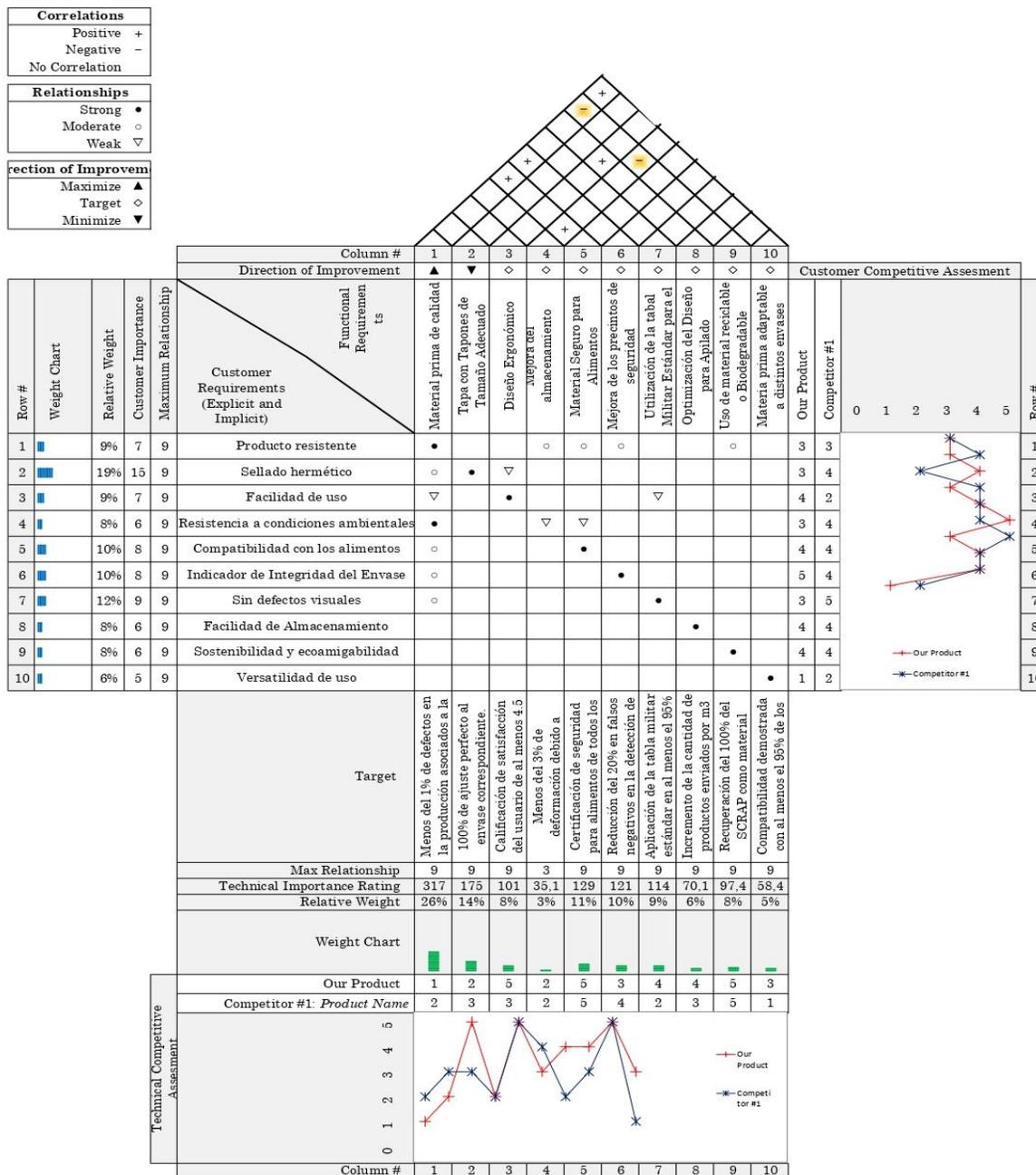


Fig. 1 Matriz QFD de los requisitos del cliente

### B. Medir

En esta etapa, nos enfocaremos en cuantificar la magnitud de los problemas identificados en la fase de Definir y en establecer una línea base para medir el progreso del proyecto. Utilizaremos herramientas como el diagrama de dispersión y Pareto para recopilar datos. Estos datos permitirán comprender mejor la relación entre la calidad del producto y la calidad de la materia prima, así como evaluar la capacidad del proceso para producir tapones dentro de los límites de especificación. Al medir estos aspectos clave, contaremos con información objetiva y cuantitativa que nos guiará en la toma de decisiones informadas y nos ayudará a identificar áreas de mejora.

1) *Recopilación de datos:* Durante esta etapa, se identificaron las variables clave relacionadas con la calidad del producto y la calidad de la materia prima utilizada en el proceso de fabricación de tapas de plástico. Se seleccionaron métodos de recopilación de datos apropiados, incluyendo inspecciones visuales, pruebas de laboratorio. Para la medición del tapón se realizó las mediciones correspondientes.

Como se aprecia en la figura 2, existe un nivel de relación entre la cantidad de *scrap* y la calidad del producto. Con el objetivo de tener un mejor control de esta métrica se establecen las siguientes variables. El número de lotes con porcentaje igual a 5% o 10% y mayores a 10%, debido a que los lotes con *scrap* mayor a 10% muestran un nivel de calidad más bajo. Ver Fig.3

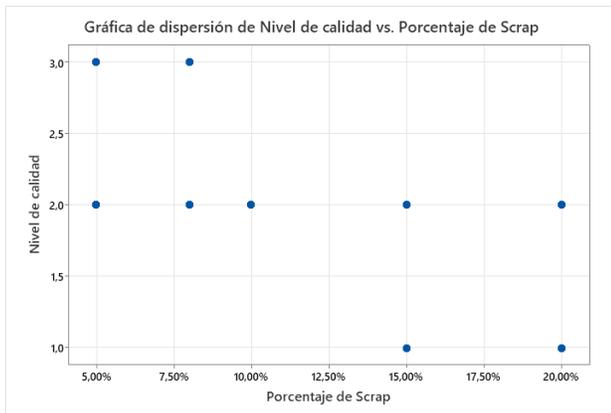


Fig. 2 Diagrama de dispersión de Nivel de calidad vs Porcentaje de *scrap*.

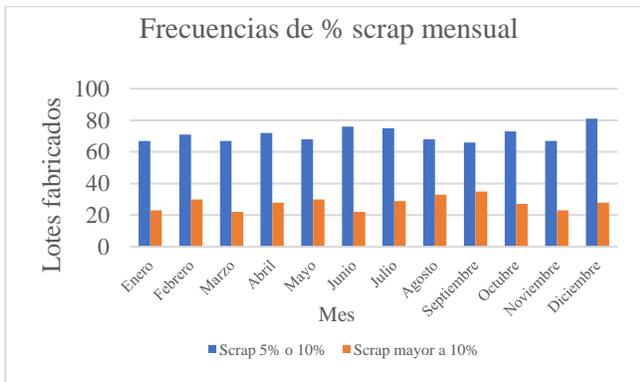


Fig. 3 Frecuencia de lotes según porcentaje de *scrap* mensual.

En el caso de la segunda variable a medir, el diámetro del tapón. Se realiza un análisis más detallado de la importancia de esta variable, se procederá a hacer un diagrama de Pareto con el impacto en costos asociados a la mala calidad. (Ver Figura 4)

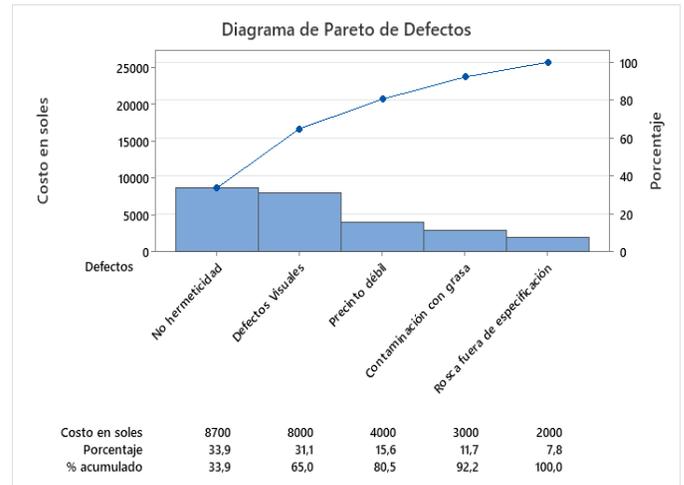


Fig. 4 Diagrama de Pareto de los defectos de las tapas.

Como se puede apreciar, uno de los gastos más significativos corresponde a la falta de hermeticidad. Este defecto es crítico debido a que no permite ningún tipo de reprocesamiento. A diferencia de los defectos visuales, que pueden ser corregidos mediante reprocesamiento, la falta de hermeticidad conlleva la eliminación completa de un lote de producción. Considerando esto iniciaremos la herramienta R&R para asegurar la calidad de la inspección. Para ello plantearemos las siguientes hipótesis. H01: El equipo está midiendo lo mismo en cada medida. H11: El equipo no está midiendo lo mismo en cada medida. H02: Lo que mide cada inspector es lo mismo que sus demás compañeros. H12: Lo que mide cada inspector es lo mismo que sus demás compañeros. H03: La interacción entre pieza y operadores no afecta a la medición. H13: La interacción entre pieza y operadores si afecta a la medición.

### Tabla ANOVA de dos factores con interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Partes	9	1,5126	0,168062	1,30124	0,282
Operadores	3	1,8653	0,621761	4,81408	0,008
Partes * Operadores	27	3,4872	0,129155	0,75271	0,779
Repetibilidad	40	6,8635	0,171586		
Total	79	13,7285			

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0,05

Fig. 5 ANOVA de dos factores con interacción del sistema de medición

Como se puede observar en la Figura 5, se rechaza la hipótesis nula H02 que indica que lo que mide cada inspector es lo mismo que sus demás compañeros debido a que p valor es menor a 0.05 y se aprueban las hipótesis H01 y H03 que indican que el

equipo de medición está midiendo lo mismo en cada medida y que la interacción entre pieza y operadores no afecta a

la medición, De estos datos se concluye que la variabilidad de las mediciones se debe a los inspectores (Ver Figura 6).

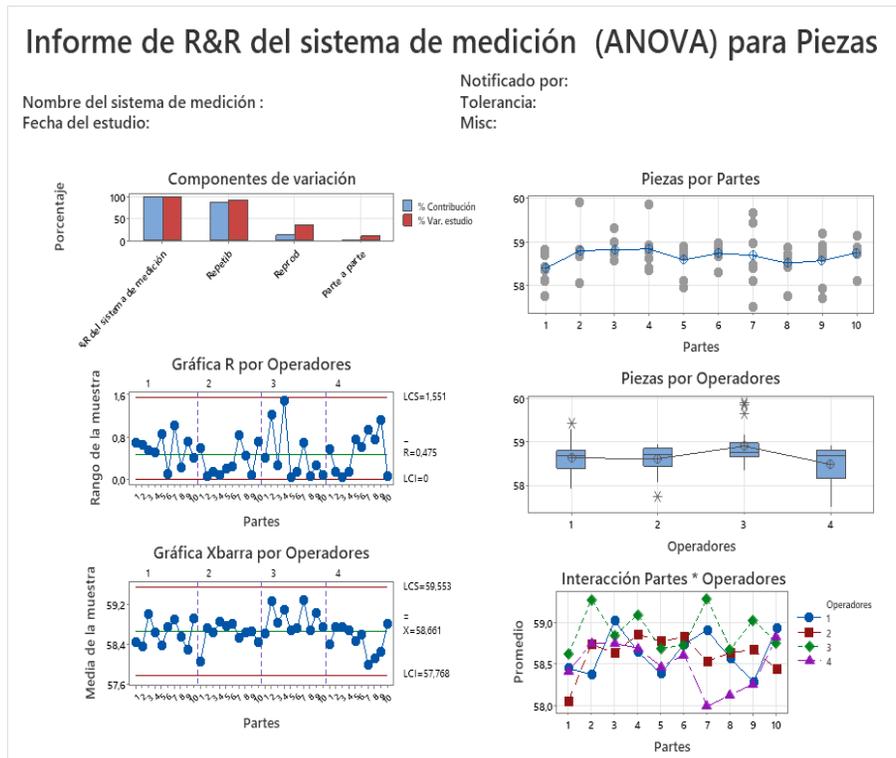


Fig. 6 Análisis del sistema R&R de la variable tapón

C. Analizar

En esta etapa profundizamos en los datos recolectados en anteriormente para entender las causas detrás de los problemas identificados. Iniciaremos con un análisis de causa raíz sobre la primera problemática, el alto porcentaje de uso de *scrap*.

Encontramos en la Figura 7, que una de las principales causas del alto porcentaje de uso de *scrap* es atribuible a la política de 100% de reciclado y el uso del mismo, se mostrará la mejora a esta problemática en el siguiente capítulo.

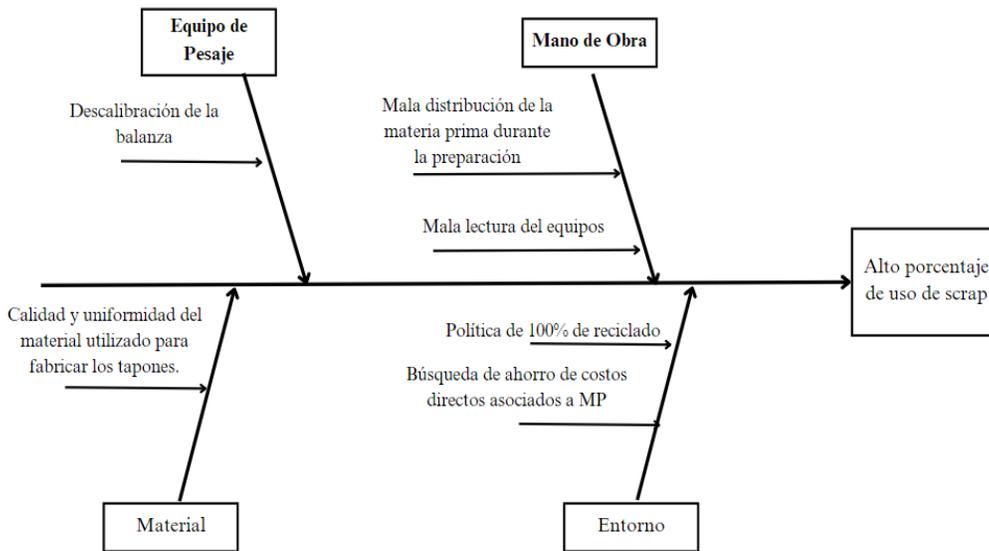


Fig. 7 Diagrama de Ishikawa del alto porcentaje de uso de *Scrap*

Por otro lado, al profundizar en el análisis de la variabilidad de los inspectores en la medición del diámetro del tapón y su influencia en la variabilidad del sistema de medición y la repetibilidad, se puede apreciar claramente en el diagrama de Ishikawa correspondiente a la alta variabilidad en la medición de la variable tapón. Este fenómeno se atribuye principalmente al factor inspectores (ver Figura 8).

Entre las principales causas raíz identificadas se encuentra la falta de capacitación de los inspectores, evidenciándose durante la investigación que dos de ellos poseen poca experiencia en este ámbito. Además, se constató que el porcentaje de *scrap* varía entre lotes, lo que contribuye significativamente a aumentar la variabilidad en nuestro proceso.

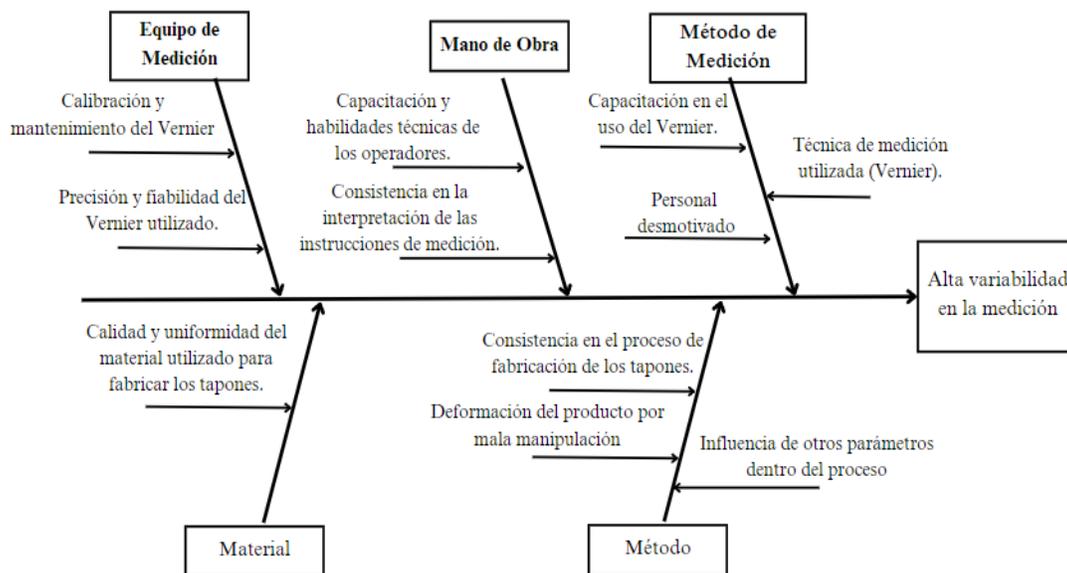


Fig. 8 Diagrama de Ishikawa de la alta variabilidad en la medición de la variable tapón, debido al factor inspectores.

#### D. Mejorar

Se plantea una reformulación en la política vigente de utilización del 100% de *scrap*, mediante la imposición de un límite quincenal máximo para su empleo. Este cambio estratégico se orienta hacia la preservación y mejora continua de la calidad del producto, estableciendo medidas concretas para mitigar los efectos adversos asociados al exceso de *scrap* en el proceso de fabricación. Con esta mejora se espera que los lotes con una proporción de *scrap* mayores a 10% representen como máximo el 15% de todos los lotes de producción, cabe aclarar que tendremos una frecuencia quincenal para poder monitorear esta variable.

Para abordar la primera hipótesis, que sugiere que la falta de capacitación en la medición podría estar contribuyendo a la variabilidad observada, especialmente debido al menor nivel de experiencia de dos de los inspectores, se planea una capacitación integral para todos los inspectores. Se diseñará un programa de capacitación exhaustivo que incluirá sesiones prácticas y teóricas para mejorar las habilidades de medición de los inspectores, así como su comprensión de los estándares de calidad establecidos. El objetivo es reducir su variabilidad en las mediciones y asegurar mediciones más precisas y consistentes en todo el proceso de inspección.

Después de completar la capacitación, se llevará a cabo un análisis utilizando el método Gage R&R para evaluar la

precisión y la variabilidad del equipo de medición. Se espera que este análisis arroje resultados que respalden la validez de las mediciones realizadas. Específicamente, se espera que demuestre que el equipo mide de manera consistente en cada medida, que no hay diferencias significativas entre lo que mide cada inspector en comparación con sus demás compañeros, y que la interacción entre la pieza y los operadores no afecta la medición. Estos resultados indicarán que el proceso de medición se lleva a cabo de manera precisa y confiable, lo que proporciona una base sólida para la evaluación y mejora continua de nuestro proceso de fabricación de tapones de plástico. (Ver figura 9 y 10). Además, se considerará la implementación de sistemas de retroalimentación para garantizar que cualquier desviación en las mediciones sea identificada y corregida de manera oportuna.

Tabla ANOVA de dos factores con interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Partes	9	0,4612	0,051245	0,27148	0,977
Operadores	3	0,0587	0,019551	0,10358	0,957
Partes * Operadores	27	5,0965	0,188761	1,19889	0,296
Repetibilidad	40	6,2979	0,157446		
Total	79	11,9142			

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0,05

Fig. 9 ANOVA de dos factores con interacción del sistema de medición después de la capacitación de los inspectores

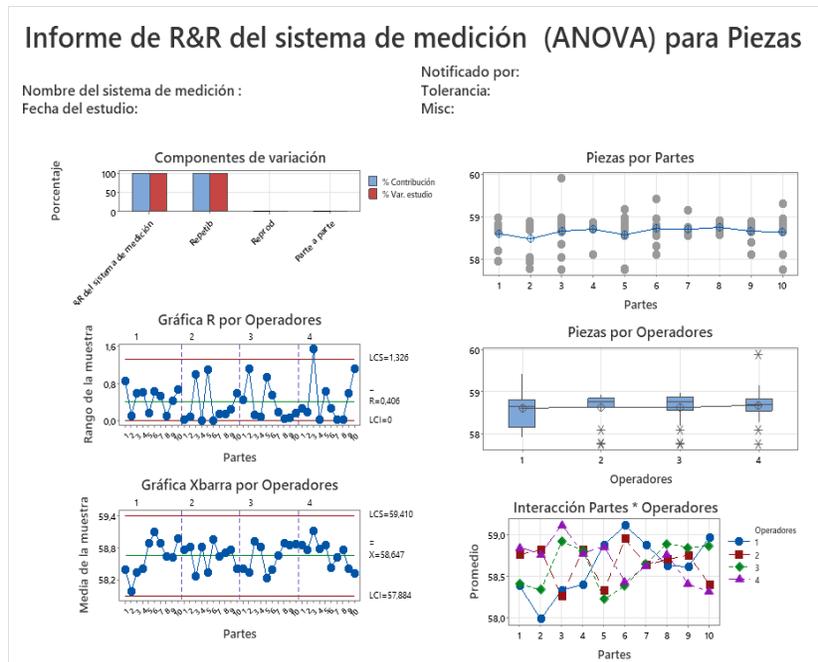


Fig.10 Análisis R&R del sistema de medición de la variable tapón después de la capacitación de los inspectores.

#### E. Controlar

En esta etapa iniciaremos con la implementación de indicadores de control. Para ello iniciaremos con el cálculo de los índices de capacidad del diámetro del tapón.

Para aplicar la capacidad del proceso iniciaremos con la prueba de normalidad de nuestro proceso [8].

Los resultados revelaron una media de 58.64 y una desviación estándar de 0.074 en la muestra, que constaba de 50 observaciones. Al aplicar la prueba de normalidad utilizando el estadístico de Anderson-Darling, se obtuvo un valor de 0.26, junto con un valor p de 0.696 (Ver Figura 11). Estos resultados indican que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que los datos provienen de una distribución normal, lo que sugiere que los datos podrían aproximarse a una distribución normal. Ahora se procederá con el cálculo de los indicadores de capacidad.

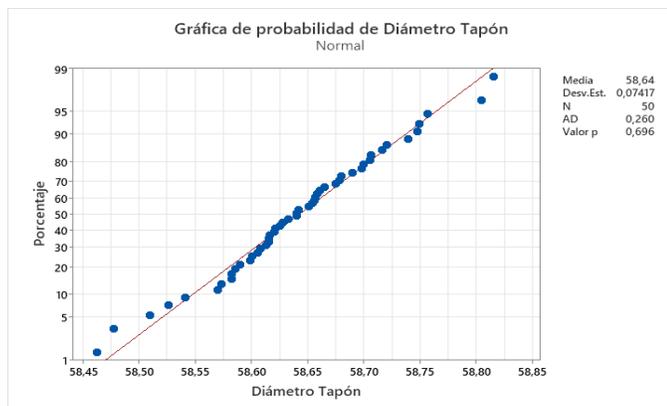


Fig. 11 Prueba de normalidad

Basándonos en los resultados obtenidos del análisis de capacidad del proceso, se puede inferir que el proceso actual tiene la capacidad de producir productos que cumplen con las especificaciones del cliente en términos de calidad, como se indica mediante el índice de capacidad del proceso ( $C_p$ ) de 1.11, lo que sugiere una variabilidad del proceso relativamente baja en comparación con los límites de especificación (Ver Figura 12). Al examinar los índices de capacidad del proceso inferior (CPL) y superior (CPU), se confirma que el proceso está centrado.

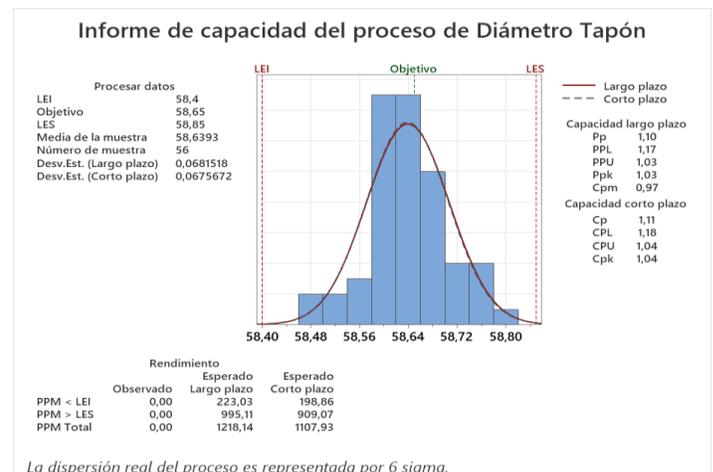


Fig. 12 Informe de capacidad

Estos hallazgos respaldan la implementación de técnicas de Control Estadístico de Procesos, como el uso de la gráfica de X-R barra, para monitorear continuamente el proceso y detectar

cualquier desviación o tendencia no deseada que pueda afectar la calidad del producto. El análisis del control estadístico de procesos proporciona una herramienta para garantizar que el proceso permanezca bajo control y para tomar medidas correctivas oportunas si se observan cambios significativos en el rendimiento del proceso.

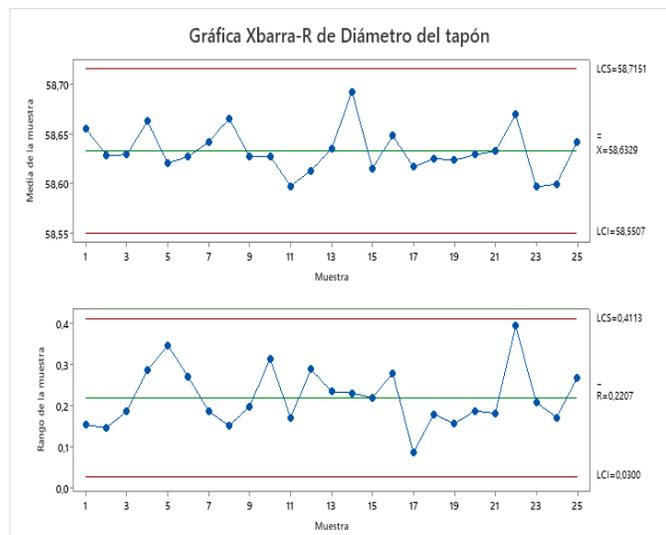


Fig. 13 Carta de control X barra-R

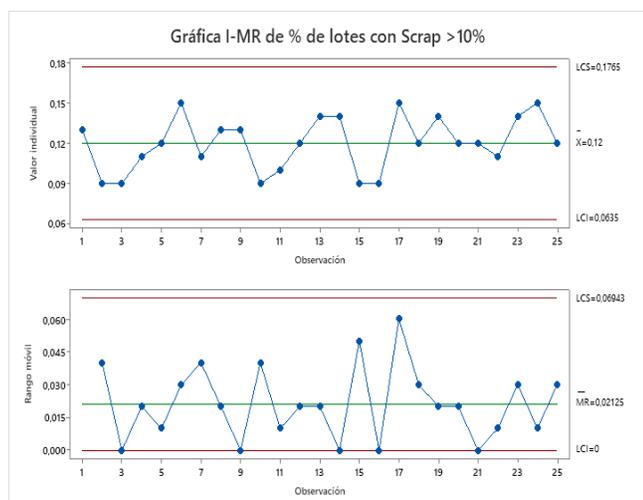


Fig. 14 Carta de control I-MR el % de lotes con scrap >10%.

El análisis estadístico revela que el proceso se encuentra actualmente bajo control, como se puede observar en la gráfica X barra y R barra, donde no se identifican patrones significativos o fuera de los límites establecidos (Ver Figura 13). Esta estabilidad en los datos sugiere que el proceso está operando de manera consistente y predecible, lo cual es fundamental para garantizar la calidad del producto final. Este hallazgo es coherente con las expectativas de mantener un control efectivo sobre el proceso de fabricación y respalda la eficacia de las medidas de control implementadas.

En segundo lugar, tenemos una carta de control IMR que hace seguimiento a la variable del porcentaje de lotes con scrap mayor al 10% con el fin de monitorear que se esté respetando la nueva política de uso de scrap. Se seleccionó esta carta debido a que contamos con un monitoreo del 100% de los datos [13]. Se puede apreciar una notable mejora en la proporción de uso de scrap, se espera se mantenga dentro de la meta indicada

## V. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio revelan la efectividad de la metodología DMAIC en abordar los desafíos en el proceso de fabricación de tapas de plástico. Mediante un enfoque sistemático y basado en datos, se logró identificar y resolver problemas clave, como la variabilidad en la calidad de la materia prima y el control en las dimensiones de los tapones. La aplicación exitosa de esta metodología demuestra su relevancia y utilidad en la mejora continua de procesos en la industria de la inyección de plásticos.

Las soluciones propuestas, como la capacitación del personal y la implementación de medidas para controlar la calidad de la materia prima, mostraron ser efectivas en la mejora de la calidad y eficiencia del proceso. Se observó una reducción significativa en el porcentaje de scrap y una mejora en la consistencia de las mediciones en las dimensiones de los tapones, lo que contribuyó a una mayor satisfacción del cliente y una mayor competitividad en el mercado.

Los beneficios obtenidos por la empresa como resultado de estas mejoras son evidentes. Además de una mejora en la calidad del producto final, se logró una reducción en los costos de producción y una optimización de los recursos. Esto posiciona a la empresa en una posición más sólida en el mercado, preparada para enfrentar los desafíos futuros y aprovechar nuevas oportunidades de crecimiento.

Para mantener y mejorar continuamente el proceso de fabricación de tapas de plástico, se recomienda continuar con la implementación de medidas de control y seguimiento, como auditorías periódicas y la promoción de una cultura de mejora continua. Además, se sugiere explorar nuevas tecnologías y metodologías que puedan contribuir aún más a la eficiencia y calidad del proceso. Este enfoque proactivo garantizará que la empresa siga siendo competitiva y pueda adaptarse a los cambios en el mercado y las demandas del cliente.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con la capacitación y desarrollo del personal, asegurando que todos los inspectores estén completamente capacitados en las técnicas de medición y control de calidad. Esto garantizará una mayor consistencia y precisión en las mediciones, contribuyendo así a la reducción de la variabilidad del proceso y mejorando la calidad del producto.

Además, se sugiere mantener una estrecha vigilancia sobre la calidad de la materia prima, estableciendo relaciones sólidas con los proveedores y aplicando controles de calidad en la

recepción de los materiales. Esto ayudará a garantizar que solo se utilice materia prima de alta calidad en el proceso de fabricación, reduciendo así la incidencia de defectos y el porcentaje de scrap utilizado en la producción.

Otra recomendación es seguir utilizando herramientas de control estadístico de procesos, como las cartas de control, para monitorear continuamente el desempeño del proceso y detectar cualquier desviación o tendencia no deseada. Esto permitirá una intervención temprana en caso de problemas y asegurará que el proceso permanezca bajo control.

Además, se sugiere fomentar una cultura de mejora continua en toda la organización, incentivando la participación activa de los empleados en la identificación de oportunidades de mejora y la implementación de soluciones innovadoras. Esto ayudará a mantener un ambiente de trabajo colaborativo y orientado a la excelencia, impulsando así la competitividad y el éxito a largo plazo de la empresa.

#### REFERENCIAS

- [1] Plastics – the fast Facts 2023 <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2023/>
- [2] D. Collier and J. Evans, “Administración De Operaciones Bienes, Servicios Y Cadena De Valor,” Cengage Learning Inc. 2009.
- [3] L. J. Krajewski, M. K. Malhotra, & Ritzman, L. P., “Administración de operaciones: Procesos y cadena de suministro,” Pearson educación, 2013.
- [4] N. Tague. “The Quality Toolbox,” Quality Press, 2023
- [5] Council of Six Sigma Certification. “Six Sigma Green Belt Certification,” 2018
- [6] E. Delgado. L. “Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología six sigma en una planta de productos plásticos,” 2015.
- [7] A. Elnaby, Z. Zaher, R. Abdel-Magied, & H. Elkhoully, “Improving plastic manufacturing processes with the integration of Six Sigma and machine learning techniques: a case study. Journal of Industrial and Production Engineering,” 2024.
- [8] A. Mansur. “Plastic Injection Quality Controlling Using the Lean Six Sigma and FMEA Method,” IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2016.
- [9] Council of Six Sigma Certification. “Six Sigma Black Belt Certification,” 2018
- [10] G. Brue. “Six Sigma for Managers,” 2002.
- [11] M. George, D. Rowlands, M Price, & J. Maxey. “The Lean Six Sigma Pocket Toolbook,” 2005.
- [12] F. Breyfogle III. “Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods,” 2003.
- [13] M. Harry & R. Schroeder. “Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World’s Top Corporations,” 2000
- [14] D. Montgomery. “Statistical quality control,” New York: Wiley, 2009.
- [15] E. Delgado. L. “Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología six sigma en una planta de productos plásticos,”. 2015.