

Efectos en la productividad por la aplicación de la herramienta DMAIC en una empresa de bebidas

Maxgabriel Alexis Calla Huayapa¹

maxgabriel.calla@pucp.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-7041-9654>

Universidad Nacional de Juliaca-Perú

Ricardo Aníbal Maldonado Mamani

maldonadomamani.r@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2886-1414>

Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez-Perú

Carlos Manuel Rodríguez San Román

carlosrodriguez@aloe.ulima.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-9370-205X>

Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez-Perú

Juan Wilbert Farfán Casapino

juanwfarfanc@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2166-7528>

Universidad Nacional de Juliaca-Perú

Nora Haydee Quispe Bellido

nhquispeb.doc@unaj.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-7420-0601>

Universidad Nacional de Juliaca-Perú

RESUMEN

La presente investigación se enfoca en determinar los efectos que se ha producido en la productividad por la aplicación de una herramienta DMAIC dentro de una empresa de bebidas, por este motivo es importante conocer los beneficios de la aplicación de DMAIC, puesto que no solo influirá en la mejora de los indicadores de productividad, sino también en la cultura organización, mejora de procesos, gestión de calidad y otros. La parte de metodología se basa en el enfoque cuantitativo, ya que se hará el tratamiento de los valores según la estadística, para su mejor interpretación. La muestra de estudio parte desde la población de bebidas en su presentación de 650ml, es decir mediremos la capacidad del proceso general de producción de embotellado de agua de mesa, para el cual se aplicará el pesado correspondiente del producto, que corresponde a un lote de producción. En los resultados se ha determinado una capacidad de proceso de 0.52, con las mejoras correspondientes se ha logrado llegar a un índice de 0.37. sin embargo, se espera que con el tiempo lograr una capacidad de proceso de 0.85, que es el promedio donde responde mejor el sistema de trabajo. Como conclusiones se ha determinado que la herramienta DMAIC permite el incremento de la productividad, además de mejorar el proceso de producción, esto con la aplicación de las estrategias de mejora, que fueron elaboradas a partir de DMAIC.

Palabras clave: Herramienta DMAIC; Productividad; Mejora; Proceso; Capacidad

¹ Autor principal

Effects on productivity by the application of the DMAIC tool in a beverage company

ABSTRACT

This research focuses on determining the effects that have occurred in productivity by the application of a DMAIC tool within a beverage company, for this reason it is important to know the benefits of the application of DMAIC, since it will not only influence the improvement of productivity indicators, but also in the organizational culture, process improvement, quality management and others. The methodology part is based on the quantitative approach, since the values will be treated according to statistics, for better interpretation. The study sample starts from the beverage population in its presentation of 650ml, that is, we will measure the capacity of the general production process of table water bottling, for which the corresponding weighing of the product will be applied, which corresponds to a production batch. In the results a processing capacity of 0.37 has been determined, with the corresponding improvements, an index of 0.85 has been reached. However, it is expected that over time achieve a processing capacity of 1.33, which is the average where the working system responds best. As conclusions it has been determined that the DMAIC tool allows the increase of productivity, in addition to improving the production process, this with the application of improvement strategies, which were developed from DMAIC.

Keywords: DMAIC tool; Productivity; Improvement; Process; Capacity

Artículo recibido 17 mayo 2023

Aceptado para publicación: 17 junio 2023

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en el ámbito de las industrias es importante considerar la mejora de los procesos, la reducción de procesos, la eliminación de los reprocesos, la eliminación de tiempos muertos, entre otros problemas relacionados con la manufactura, para ello las empresas vienen aplicando diversas herramientas, técnicas y métodos de trabajo. Dentro de esta metodologías y herramientas destaca una, como la herramienta DMAIC, que es un ciclo de varias etapas que permite desde la definición del caso o variable a analizar, la medición de esas características, el análisis de las causas que producen eso, la determinación de mejoras y el control respecto de estas mejoras.

En el actual mercado, que es de naturaleza exigente, se hace importante la competitividad a la vez el negociado del precio de los productos, teniendo en consideración el manejo de la calidad, la gestión de los proceso claves, el manejo del recurso humano y otros factores que se involucran con la organización, para ello es importante eliminar merma, eliminar tiempos improductivos, el uso de recursos de forma eficiente, la mejora de tiempos para producción, la capacitaciones de los trabajadores, entre otros; por esa razón las empresa buscan fomentar un principio de trabajo basado en el manejo de recursos que le permita ser más rentable (Guimarey et al., 2021).

DMAIC es una herramienta de la filosofía Seis Sigma, que consta en principios de definir el problema, medir las variabilidades, defectos, a fin de generar una estadística, esto se analizan acorde al proceso, con el fin de establecer oportunidades y estrategias de mejora de proceso, reducción de merma, defectos y reprocesos o eliminación de problemas(Vázquez et al., 2022)

Para (Aguilar, 2014), en la actualidad las empresas buscan la mejora continua, esto se basa el modelo de calidad que permita tener una producción más flexible, a la vez generar menor costo de producción, y lograr resultados incrementados, por ello DMAIC como metodología permite lograr la meta establecida, puesto que tiene ventajas como la implementación rápida, toma de decisiones basado en procesamiento a nivel estadístico.

El proceso de estandarización el llenado de envase de vidrio de 330 ml para (Arestegui & Jimenez, 2019), ha permitido mejorar el rendimiento del proceso de envasado, en el cual se ha visto involucrado en la falta de calibración del equipo a esta nueva capacidad, lo que ha ocasionado deficiencias en el

proceso, para lo cual ha trabajado en miras de reducir las deficiencias en los procesos, reducción de uso de recursos como mano de obra, materiales, etc.

En cuanto a los objetivos, se centran y relacionan con las preguntas que se han formulado, por ello el objetivo general de la investigación es determinar los efectos de la aplicación de DMAIC como herramienta de mejora de la productividad en una empresa de bebidas, en específico se ha de estudiar el proceso de producción de agua embotellada de mesa en su presentación de 650ml. Dentro de los objetivos específicos, es identificar la variable crítica de calidad a analizar, la cual influye directamente en los resultados de productividad, otro de los objetivos es conocer los efectos del estudio de variabilidad de la variable crítica que afecta a la productividad, y finalmente se tiene otro objetivo específico es identificar las oportunidades de mejora que permitan la mejora de la productividad.

La presente investigación está enfocada en determinar los efectos de la aplicación de la herramienta DMAIC para la mejora de la productividad, es por este motivo que se hace las siguientes interrogantes: ¿Cómo son los efectos de la aplicación de la herramienta DMAIC en la productividad de una empresa de bebidas?, seguido de preguntas secundarias como: ¿Cuál es la variable crítica a analizar que afecta a la productividad?, ¿Cuál es el efecto del estudio de variabilidad de la variable crítica que afecta a la productividad?, ¿Cuáles son las oportunidades de mejora que se han aplicado para la mejora de la productividad?, estas preguntas son las que rigen el curso de la investigación, las cuales serán abordadas por la aplicación de las etapas de DMAIC, como proceso de mejora.

Con respecto a la justificación del trabajo de investigación, se hace con la razón de identificar las ventajas competitivas que se logra con la aplicación de herramientas de mejora de proceso, en la empresa se pretende mejorar la productividad, mejorar la capacidad del proceso. Con la aplicación de herramientas de mejora, se tiene carta abierta para lograr una cultura basada en la mejora continua, otro de los motivos es reducir las mermas, productos fallidos y lograr la satisfacción del cliente.

Introducción a la herramienta DMAIC

Según (Mendives, 2010), DMAIC es una herramienta versátil puesto que es aplicable a distintos tipos de proceso, como la parte financiera, administrativa, servicio, manufactura, entre otros. Es por ello que las empresas en la actualidad la vienen aplicando con más continuidad.

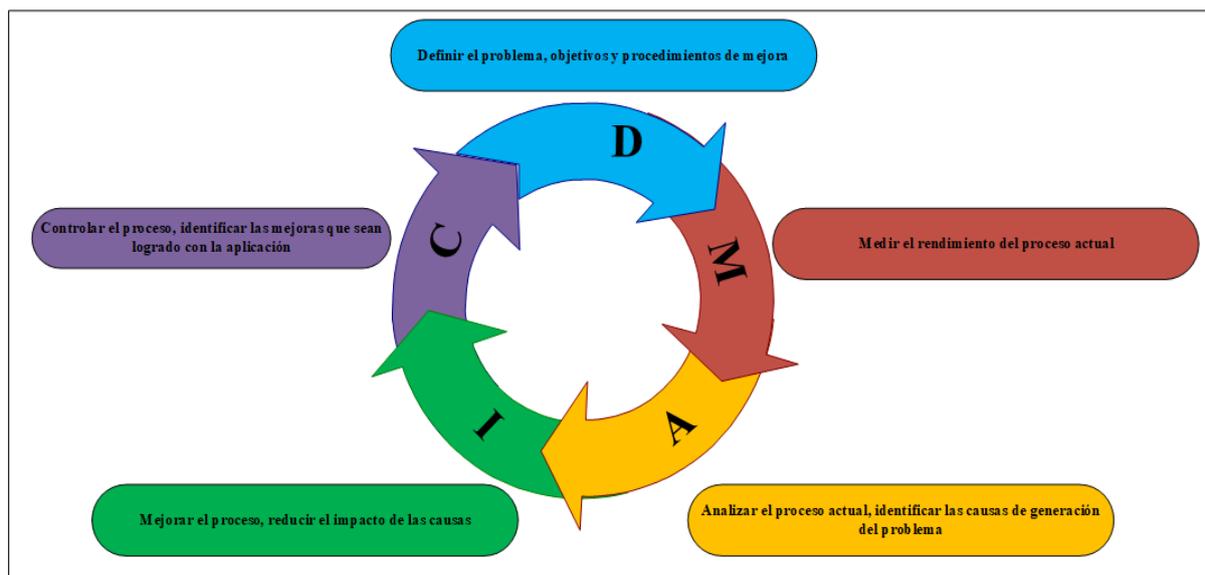
La metodología DMAIC, surgen con la implementación de procesos Six Sigma, que ha generado mejoras en diferentes empresas, esta teoría ha permitido la mejora de gestión de calidad, mejora de rendimiento en proceso, incremento de productividad, mejora de índices de rentabilidad, entre otros (Coronado, 2018).

Los pasos aplicados durante una implementación DMAIC, es la definición de los objetivos y el horizonte de trabajo, se mide los resultados, a fin de establecer la relación entre las causas que producen esos resultados, estos resultados deben de verificarse por medio de un análisis de causalidad, a fin de identificar mejoras del rendimiento y el controlar los procedimientos para el seguimiento de resultados de la mejora (Latuga, 2020).

Para (Cardona & Manzur, 2015), la metodología DMAIC es una herramienta que tiene como fin mejorar los procesos, consta de cinco etapas de trabajo, que empieza en la definición del problema, la medición de valores del problema, el análisis de las causas, la implementación de mejoras y la verificación, control y el seguimiento de los resultados.

DMAIC como metodología tiende a trabajar en función cinco etapas entre las cuales esta definir el problema, medir el problema, analizar las causas del problema, mejorar la condiciones del proceso y finalmente controlar las variables críticas del proceso, para lo cual sigue un proceso secuenciado que empieza con hacer un mapeo del proceso, análisis de datos, validación, definir causas mayores, implementar acciones de mejora, estandarizar las mejoras, definir mecanismos de control, a fin de lograr cumplir con los requerimiento del clientes y lograr su satisfacción (Aire et al., 2021).

Figura N°01. Etapa de DMAIC.



Fuente: Los Autores

En la figura N°01, se aprecia el ciclo de mejora DMAIC, y con sus respectivos actividades y descripción de lo que trata cada etapa o fase de trabajo.

Fases de la Metodología DMAIC

Según (Mendives, 2010), el ciclo de mejora DMAIC, pasa por cinco etapas o fases, que implican la definición de problemas (D), la medición de la variable de estudio que es objeto de estudio del problema (M), la parte de análisis de las causas que producen el problema (A), la mejora identifica a fin de realizar la ejecución de la misma (I) y los mecanismos de control de la mejoras (C).

Las etapas DMAIC, constan de definir las metas del proyecto de mejora, la identificación del problema a analizar, la medición de los valores de la variable, medir el rendimiento del proceso, identificar el objetivo a alcanzar, realizar el análisis de la calidad, identificar las causas raíces, por medio del uso de herramientas apropiadas, la mejora de procesos, en el que se debe de implementar acciones de mejora, a fin de resolver el problema definido en la etapa anterior, el proceso de control es la evaluación de la mejora y especificar los resultados obtenidos, es lo que (Coronado, 2018) define como las etapas de DMAIC.

Según (Aguilar, 2014), la metodología DMAIC implica cinco procesos importantes, basado en pensamiento Seis Sigma, cada una de ellas de describe a continuación:

- Definir, parte de la necesidad de definir el problema, cubrir las necesidades de los clientes, identificar los objetivos y trazarse una meta.

- Medir, tiene que ver con la métrica de defectos y la documentación correspondiente.
- Analizar, parte desde la recolección de datos, a fin de generar una respuesta anticipada para la resolución del problema
- Mejorar, conlleva hacer implementaciones de mejora de los procesos, la eliminación de los defectos identificados.
- Controlar, tiene que ver con el uso de herramientas de seguimiento y control de procesos, y con lo referente a prevenir la repetición de errores.

La metodología DMAIC contiene pasos específicos para la reducción de desperdicios, el uso eficiente de los recursos, la reducción de costos, los tiempos de demora en los procesos, además fomenta el trabajo en equipo (Sánchez, 2019).

Según (Acosta et al., 2017) hace referencia a un conjunto de herramientas utilizadas en cada etapa de la metodología DMAIC, cada una de ellas consta de:

- Definir, se identifica el proceso, se especifica los requisitos y se elabora el diagrama de proceso.
- Medir, se define las características del proceso, la métrica para la toma de datos, el procedimiento de recojo de información y la hoja para recolección de información.
- Analizar, implica evaluar la relación causa y efecto, esto en base a herramientas de análisis de causalidad,
- Mejorar, es proponer una serie de estrategias para reducir los errores, disminuir variabilidad, etc.
- Controlar, es el paso de diseñar los mecanismos para asegurar el mantenimiento de la mejora.

Fase de Definir

Según (Vite, 2015), propone el uso de la metodología SMART para la formulación de objetivos, esto con el fin de determinar el indicador, a la vez lograr mejorar la capacidad del proceso, el cual previamente se debe de reconocer, para la cual indica que el diagrama SIPOC es de utilidad para evaluar el panorama donde actúa el proceso.

Para (M. Pérez & León, 2018), la metodología DMAIC, parte desde la definición del problema en el que se identifican las mejoras que se deben realizar en el proceso, para lo cual se debe tener claro que

problema se debe realizar, reconocer el flujo general del problema, definir el objetivo de mejora y los beneficios que se tendrá.

En esta parte se trata de identificar los procesos que se involucran, los proveedores y clientes, se determina el objetivo y el alcance de las mejoras, y el reconocimiento de las variables críticas de trabajo (Mendives, 2010).

Fase de Medir

Medir es la fase que permite registrar datos importantes sobre el rendimiento del proceso, estos se deben de ajustar a los requerimientos del cliente, para ello se debe de identificar los factores que afectan este proceso, es importante considerar para esta etapa la elaboración de mapa de proceso, la detección de entradas y salidas, la validación de un sistema de medición y la estimación de la capacidad inicial que tiene el proceso, con el fin de estimar también su potencial mejoría o incremento (Gomero, 2022).

En la etapa de medición se hace un espacio de trabajo entre la fase de definir correspondiente con la fase de analizar, es la fase de recolección de información, con el fin de comparar un antes y después de aplicadas las mejoras propuesta (Mendives, 2010).

Con respecto a la fase de medir, se debe definir indicadores para la medición, con el fin de obtener los resultados adecuados, para ello es necesario determinar las variables que se desean estudiar, estos pueden ser directamente medidos usando instrumentos de medición (H. Pérez, 2016)

Fase de Analizar

En esta etapa, se hace uso del diagrama de Ishikawa, para determinar el análisis de causas, en base a los factores productivos, por ello se considera factores como material, mano de obra, método de trabajo, máquina, medio ambiente, entre otros (Cabrera et al., 2019).

Para la fase de analizar se responde con la identificación del problema principal y la causas que lo provocan, en ella se evalúa las fuentes del problema junto con las variables que se deben de optimizar (Mendives, 2010).

Otra de las herramientas a usas son los cinco por qué, que parte del problema inicial, indica que pasa, por que pasa la primera causa, la segunda causa y así sucesivamente, es una herramienta de análisis de causa y efecto, tiene ventajas sobre otras, en que es flexibles, de uso fácil, promueve el trabajo en equipo y es eficiente para la identificación de causas raíces (Vargas, 2020).

Fase de Mejorar

En la fase de mejorar se debe de determinar priorizas las alternativas que mejoran el proceso a corto plazo, con el fin de generar un sistema de evaluación que permita posteriormente hacer seguimiento de las mejoras en el proceso, el proceso de mejora va acompañado de determinación de acciones de mejora, implementación de planes de mejoras y las respectivas validación de los resultados (Chinome & Torres, 2020).

Para la fase de mejora se hace un listado de las soluciones, a fin de escoger o priorizar su aplicación en el proceso (Mendives, 2010).

Fase de Controlar

Para la etapa de controlar, se hace uso de herramientas que permitan hacer seguimiento de los resultados, en ella se especifica que herramientas pueden ser usadas a través del tiempo, una de ellas es el diagrama de dispersión, que permite comprara mediante análisis de gráfico, los factores, medir la relación entre dos variables, a la vez permite identificar la relación causa y efecto, determinar variaciones y hacer una explicación sobre los resultados (Carro & González, 2010).

Con lo referido a la fase de controlar, se tiene que documentar y hacer verificación del impacto que ha tenido la mejora con el proceso de medición del proceso (Mendives, 2010).

La capacidad de proceso es la comparación del promedio de los datos, es decir miden el grado de cumplimiento de las especificaciones, el adecuado es de 1.33, mientras que por debajo de ello se tiene interferencias de los procesos, es decir que requiere de ajustes, de modificaciones entre otros (Paredes, 2019).

Productividad

Sobre la definiciones de productividad (Iwaki, 2021), indica que es una relación entre la producción y los recursos que se han utilizado para conseguir esos resultados. Con referente a los resultados se hace mención a unidades de producción, artículos producidos, unidades, piezas, entre otros. Con lo referente a recursos que se han utilizado se refiere a las horas de trabajo, el capital, la inversión, los materiales, la energía, etc.

Con respecto a la medición se puede realizar por medio de análisis total como la productividad total y la productividad parcial, siendo la primera la relación de la producción total entre el costo total, y las

productividades parciales son referidas a la relación de producción total entre los costos generados por cada factor de trabajo.

Para (Chávez et al., 2019), la productividad es una relación entre los bienes y los servicios que se han generado, con respecto a los recursos que se han utilizado, esto sirve para el evaluar el rendimiento de los recursos, el cual también se puede trabajar como indicador de gestión.

La calidad y productividad para (Irurita & Roldan, 2012), son indicadores complementarios, puesto que si no existe calidad, genera bajos índices de productividad, es por ello que se observa en las empresas lo siguiente al incrementar las ventas se suele incrementar la cuota de mercado, lo mismo pasa con el incremento de los precios, siendo los precios más competitivos, los que generan más ingresos y rentabilidad a la empresa.

METODOLOGÍA

Se ha tomado como enfoque de investigación la cuantitativa, esto con el fin de utilizar la estadística como herramienta de procesamiento de datos, análisis e interpretación de resultados, se ha tomado un nivel de investigación de tipo descriptivo, en el cual se enfoca la utilización de la observación de los resultados, en el cual se ve el antes y después de la aplicación de la herramienta DMAIC. Con respecto a la población que es objeto de análisis, siendo esto la producción de botellas embotelladas de 650ml, para esto se aplica el muestreo probabilístico, que obedece a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde cada uno de ellos responde a:

n = muestra de trabajo

Z = es 1.96 para un nivel de confianza de 95%.

p = representa la probabilidad a favor, 0.5

q =(1-p) que representa la probabilidad en contra, 0.5.

N = Lote de producción

e = 0.05, es el error esperado

En cuanto al procesamiento de los datos hallados, se usaron paquetes de análisis estadísticos como: software Minitab, Microsoft Excel, Microsoft Visio, entre otros.

Se ha usado una balanza gravimétrica, con el fin de realizar el correspondiente pesado de los productos, con el cual se realizará el estudio de variabilidad.

Dentro de las herramientas auxiliares que usa DMAIC, se cuenta con ciertos diagramas para mejora compresión, análisis de las etapas de aplicación de esta herramienta, siendo estas las que están en el listado siguiente:

- Diagrama de reconocimiento de partes interesadas o Diagrama SIPOC
- Diagrama de Ishikawa
- Matriz de cinco porqués
- Diagramas de dispersión
- Histogramas
- Graficas de control
- Matriz de proceso
- Six Box de procesos de control

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapas Definir

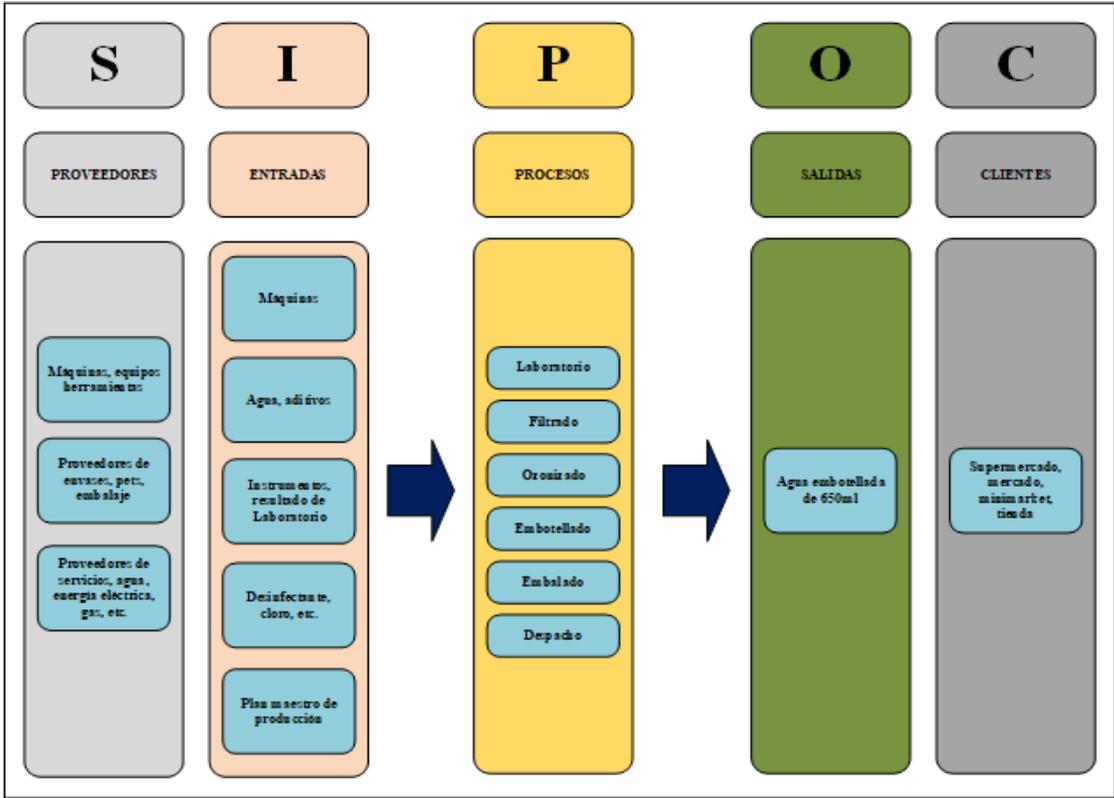
Un aspecto importante es la definición del problema a estudiar, en el cual se han identificado algunas de los productos con menos o más cantidad de contenido, el cual se pretende corroborar con ayuda de una balanza gravimétrica, la meta establecida es de 650ml, por lo que el proceso tiene a generar desestabilización, por ello se debe tener a reducir la variación dentro del proceso de envasado. En este afán es importante considerar aspectos como la adecuada calibración de la dosificadora de contenido, realizar el mantenimiento de la máquina, la capacitación del personal encargado de la máquina.

Dentro de los objetivos de la aplicación de DMAIC, se tiene la reducción de variabilidad del producto, con referencia al contenido de 650ml, esto con el propósito de establecer parámetros de control de proceso.

Como técnica inicial es hacer el reconocimiento de los diversos actuantes dentro de la cadena de producción, para ello se hace uso del diagrama SIPOC, el cual permite ver los proveedores de los recursos necesarios para el embotellado de agua de mesa, estos recursos se consideran entradas, luego

entra en una serie de proceso, a fin de ser transformados en productos de salida, que son los resultados del proceso, los cuales deben de satisfacer las necesidades del cliente.

Figura N°02. Diagrama SIPOC



Fuente: Los Autores

La figura N°02, se muestra los contenidos que se interrelacionan con el proceso de embotellado de agua de mesa de 650ml, para lo cual se muestran los proveedores, los suministros diversos, el proceso en general y el resultado de este proceso, que está destinado a los clientes.

Etapa de Medir

La etapa de medir se aplica al conjunto de producción de agua de mesa embotellada, para ello se aplica el muestreo según la siguiente expresión:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde cada uno de ellos responde a:

n = muestra de trabajo

Z = es 1.96 para un nivel de confianza de 95%.

p = representa la probabilidad a favor, 0.5

$q=(1-p)$ que representa la probabilidad en contra, 0.5.

N = Lote de producción

$e = 0.05$, es el error esperado

reemplazando valores a la ecuación se tiene:

$$n = \frac{1.96^2 \cdot (0.5)(0.5) \cdot 300}{0.05^2 \cdot (300 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = 168.45 = 168 \text{ botellas de } 650\text{ml}$$

Para conveniencia se aplicará el análisis en un grupo de 42 unidades por 4 subgrupos para determinar las variaciones de rango y media, del cual se tiene la siguiente tabla:

Tabla N°01. Resultados de la medición – Proceso actual

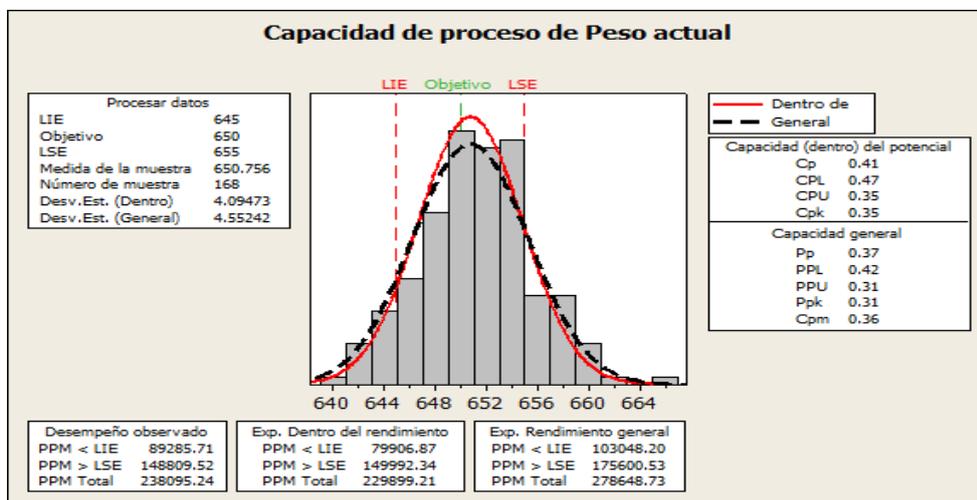
N°	Subgrupos				Rango (R)	Media (X)
	1	2	3	4		
1	651	645	652	654	9.0	650.5
2	652	654	658	652	6.0	654.0
3	653	658	656	650	8.0	654.3
4	654	653	654	642	12.0	650.8
5	656	651	656	650	6.0	653.3
6	650	648	654	648	6.0	650.0
7	650	647	653	649	6.0	649.8
8	645	648	659	647	14.0	649.8
9	649	645	648	652	7.0	648.5
10	662	649	653	653	13.0	654.3
11	654	648	653	651	6.0	651.5
12	659	647	652	650	12.0	652.0
13	645	643	649	652	9.0	647.3
14	654	651	648	650	6.0	650.8
15	656	643	643	651	13.0	648.3
16	652	649	643	648	9.0	648.0
17	645	648	642	651	9.0	646.5
18	654	641	645	649	13.0	647.3
19	650	655	654	652	5.0	652.8
20	655	645	656	651	11.0	651.8
21	660	643	654	651	17.0	652.0
22	656	648	657	652	9.0	653.3
23	652	649	658	649	9.0	652.0
24	642	650	655	651	13.0	649.5
25	665	655	657	649	16.0	656.5
26	645	651	653	648	8.0	649.3
27	650	648	654	650	6.0	650.5
28	653	648	657	650	9.0	652.0

29	659	643	642	650	17.0	648.5
30	656	649	640	645	16.0	647.5
31	653	647	650	651	6.0	650.3
32	645	653	658	650	13.0	651.5
33	652	651	654	652	3.0	652.3
34	653	653	654	653	1.0	653.3
35	654	649	653	645	9.0	650.3
36	654	647	652	651	7.0	651.0
37	653	648	658	651	10.0	652.5
38	658	652	658	645	13.0	653.3
39	659	650	645	649	14.0	650.8
40	652	657	644	648	13.0	650.3
41	650	643	649	647	7.0	647.3
42	649	649	648	643	6.0	647.3
				Promedio	9.6	650.8

Fuente: Los Autores

De la tabla N°01, se observa un promedio de rango de 9.6 gramos, en tanto, se tiene una media de 650.8 gramos, es decir acorde a los resultados encontrados se tiene un poco descontrolado el proceso, puesto que los valores varían importantemente, sin embargo, se tiene una media de 650.8 gramos que está cercana al objetivo de 650 gramos, pero se tiene el sistema de manera descontrolada.

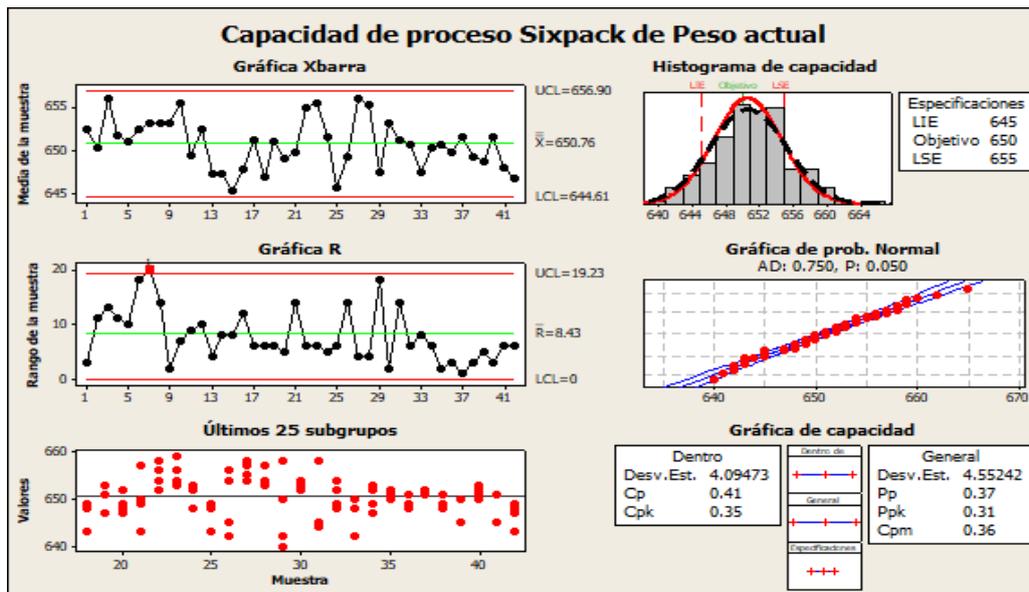
Figura N°03. Capacidad del proceso actual



Fuente: Los Autores

De la Figura N°03, se puede apreciar la capacidad del proceso, en el cual se identifica un nivel 0.37 en la índice capacidad actual, a la vez se observa una media de 650.76 gramos, con una desviación estándar de 4.55 gramos. En cuando a la gráfica de distribución se ve de manera directa que se asemeja a la campana de Gauss.

Figura N°04. Capacidad del proceso actual - Sixpack



Fuente: Los Autores

De la Figura N°04, se cuenta de manera específica el análisis de los datos obtenidos de las lecturas, en primer lugar se tiene la gráfica de la media de la muestra donde la línea verde indica el promedio, de los datos, en el cual se encuentra bastante disperso, luego se muestra la gráfica de rango que también se encuentra muy dispersos, y uno de las medias sale del rango especificado, con relación a la gráfica de valores se tiene una dispersión importante en los valores, mientras que en el histograma se cuenta con una gráfica cercan a la normal, lo que se corrobora con la prueba de p-valor que es 0.050, siendo el mínimo requerido para que esta será normal, en cuando a la capacidad del proceso es de 0.37 muy debajo del 1.33 ideal que indica que el proceso es eficiente.

Etapas Analizar

En la fase de analizar es importante considerar que las herramientas que se utilizan para enfocarse en las posibles causas, son las herramientas de 5 porqués, diagramas de Pareto, diagrama de Ishikawa entre otros.

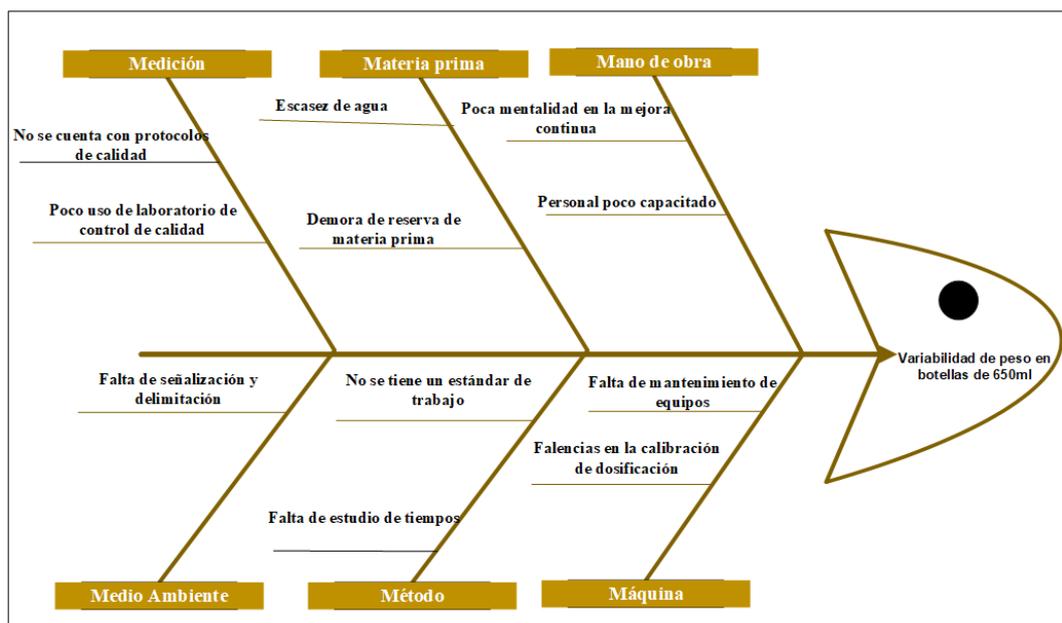
Tabla N°02. Herramienta 5 porqués.

	Pregunta	Respuesta
1er	¿Por qué se ha identificado variación en el peso del producto?	No es riguroso el sistema de control de calidad actual
2do	¿Por qué el sistema de calidad es deficiente?	No se cuenta con el personal capacitado en análisis estadístico de datos.
3er	¿Por qué no se tiene un adecuado sistema de análisis estadístico?	No se han realizado capacitaciones al personal en aspectos de calidad
4to	¿Por qué se ha capacitado al personal debidamente en materia de calidad, mantenimiento y seguridad?	No se ha considerado en plan anual de actividades y se tiene desactualizado el plan de capacitaciones en mantenimiento, seguridad.
5to	¿Por qué no se tiene actualizado los planes de mantenimiento, seguridad, calidad?	Se tiene deficiencias en la gestión de estas materias.

Fuente: Los Autores

El diagrama de Ishikawa, es otra herramienta importante que permite el análisis desde el punto de vista de factores de producción, como son la mano de obra, materias primas, métodos, medio ambiente, máquinas y mediciones.

Figura N°05. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Los Autores

De la Figura N°05, se muestra las causas posibles de las variaciones que se han producido, enfocándose en los factores productivos, todo ello permitirá un análisis más adelante con la propuesta de alternativas de mejora.

Etapas Mejorar

En la correspondiente etapa de mejora, se hará un listado de las mejoras que pueden realizarse al sistema de trabajo, que proceden desde la identificación de soluciones, esto parte desde uso de equipos, generación de planes, entre otros.

Mediante el uso de lluvia de ideas se hará un listado de las soluciones posibles, es decir cómo sigue a continuación:

- Estandarizar el proceso de embotellado de agua
- Calibrar adecuadamente la máquina embotelladora
- Generar un procedimiento de inspección y muestreo rutinario
- Realizar el plan de mantenimiento de máquinas
- Mejorar el plan de control de calidad
- Implementar un método de medición de tiempos
- Realizar un análisis de la productividad
- Renovación de equipos y máquinas.

Dentro de las actividades antes mencionadas, se deben de aplicar y ejecutar de manera rutinaria, y de forma progresiva, eso con el fin de reducir los costos, eliminar las deficiencias, por lo que se debe de analizar los criterios de priorización de oportunidades de mejora, esto implica aplicar factores como la facilidad para su aplicación, el impacto que tendrá en el proceso productivo, la rapidez de ejecución, seguido de la mejora que pretende realizar, el enfoque en los costos, que permite ver si es factible en el corto plazo.

Tabla N°03. Priorización de alternativas.

Oportunidad de mejora	Facilidad	Impacto	Rapidez	Mejora	Menos Costoso	Promedio
Estandarizar el proceso de embotellado de agua	5	3	3	3	5	3.8
Calibrar adecuadamente la máquina embotelladora	4	5	4	4	4	4.2
Generar un procedimiento de inspección y muestreo rutinario	4	2	5	5	2	3.6
Realizar el plan de mantenimiento de máquinas	4	5	4	2	2	3.4
Mejorar el plan de control de calidad	4	2	3	5	5	3.8
Implementar un método de medición de tiempos	4	4	5	4	4	4.2
Realizar un análisis de la productividad	3	5	5	5	4	4.4
Renovación de equipos y máquinas.	3	3	3	5	4	3.6

Fuente: Los Autores

La tabla N°03, explica el nivel de priorización de las actividades de mejora, en el cual se ha evaluado a acorde a criterios donde 5 es el nivel más alto y 1 es el nivel más bajo, a fin de generar un promedio, del cual se debe de realizar de manera importante y urgente la calibración de las máquinas, la implementación del método de medición de tiempos de embotellado

Tabla N°04. Cronogramas de aplicación de alternativas.

Oportunidad de mejora	Semana				Semana				Responsable
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Estandarizar el proceso de embotellado de agua			X				X	X	Jefe de producción
Calibrar adecuadamente la máquina embotelladora	X	X	X	X	X	X	X	X	Jefe de producción
Generar un procedimiento de inspección y muestreo rutinario	X	X	X	X	X	X	X	X	Jefe de producción
Realizar el plan de mantenimiento de máquinas	X				X				Jefe de mantenimiento
Mejorar el plan de control de calidad				X				X	Jefe de control de calidad
Implementar un método de medición de tiempos	X							X	Jefe de producción
Realizar un análisis de la productividad	X	X	X	X	X	X	X	X	Jefe de control de calidad
Renovación de equipos y máquinas.								X	Jefe de producción/logística

Fuente: Los Autores

La tabla N°04, expone el cronograma de adecuado de las mejoras, en el cual se consideran actividades, el tiempo y el personal responsables para su ejecución, cumplimiento y seguimiento de los resultados.

Etapa Controlar

Para el proceso de controlar se tiene una nueva verificación del lote de producción, para ello se identifica el proceso en general, se realizar un muestro nuevamente, para ver los resultados de las capacitaciones, mejora de procesos de mantenimiento, limpieza, calibración y demás que fueron implementados.:

Tabla N°05. Resultados de la medición – Proceso mejorado

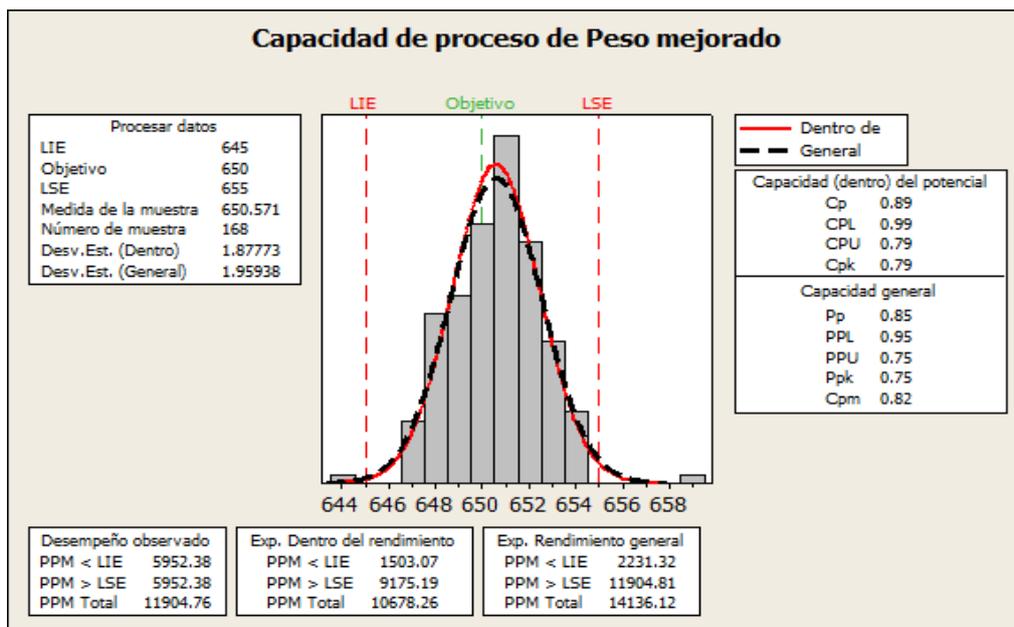
N°	Subgrupos				Rango (R)	Media (X)
	1	2	3	4		
1	651	651	652	652	1.0	651.5
2	652	650	650	649	3.0	650.3
3	650	652	651	650	2.0	650.8
4	651	653	652	650	3.0	651.5
5	650	654	650	650	4.0	651.0
6	654	648	654	654	6.0	652.5
7	648	651	651	651	3.0	650.3
8	652	649	653	648	5.0	650.5
9	650	651	651	648	3.0	650.0
10	650	652	649	649	3.0	650.0
11	651	651	648	653	5.0	650.8
12	650	659	648	651	11.0	652.0
13	652	648	649	653	5.0	650.5
14	651	649	652	652	3.0	651.0
15	649	651	650	650	2.0	650.0
16	648	652	647	651	5.0	649.5
17	650	653	651	654	4.0	652.0
18	651	648	654	651	6.0	651.0
19	650	649	653	648	5.0	650.0
20	650	651	650	647	4.0	649.5
21	652	652	651	653	2.0	652.0
22	649	653	651	644	9.0	649.3
23	650	650	653	651	3.0	651.0
24	651	649	652	652	3.0	651.0
25	650	651	651	652	2.0	651.0
26	653	648	649	650	5.0	650.0
27	654	647	648	651	7.0	650.0
28	650	652	649	652	3.0	650.8
29	651	653	651	650	3.0	651.3
30	649	651	650	653	4.0	650.8
31	648	652	651	654	6.0	651.3
32	649	651	653	648	5.0	650.3
33	652	649	650	649	3.0	650.0

34	650	648	648	648	2.0	648.5
35	651	652	649	647	5.0	649.8
36	653	650	652	648	5.0	650.8
37	650	651	650	647	4.0	649.5
38	651	649	651	649	2.0	650.0
39	652	648	652	651	4.0	650.8
40	649	647	651	653	6.0	650.0
41	647	653	652	651	6.0	650.8
42	649	651	652	652	3.0	651.0
				Promedio	4.2	650.6

Fuente: Los Autores

De la tabla N°05, se observa un promedio de rango de variación menor a la anterior medición de 4.2 gramos, mientras que se tiene 650.6 gramos de promedio, esto ligeramente inferior a la actual medición que se ha realizado, sin embargo, se observa menor variabilidad de datos registrados.

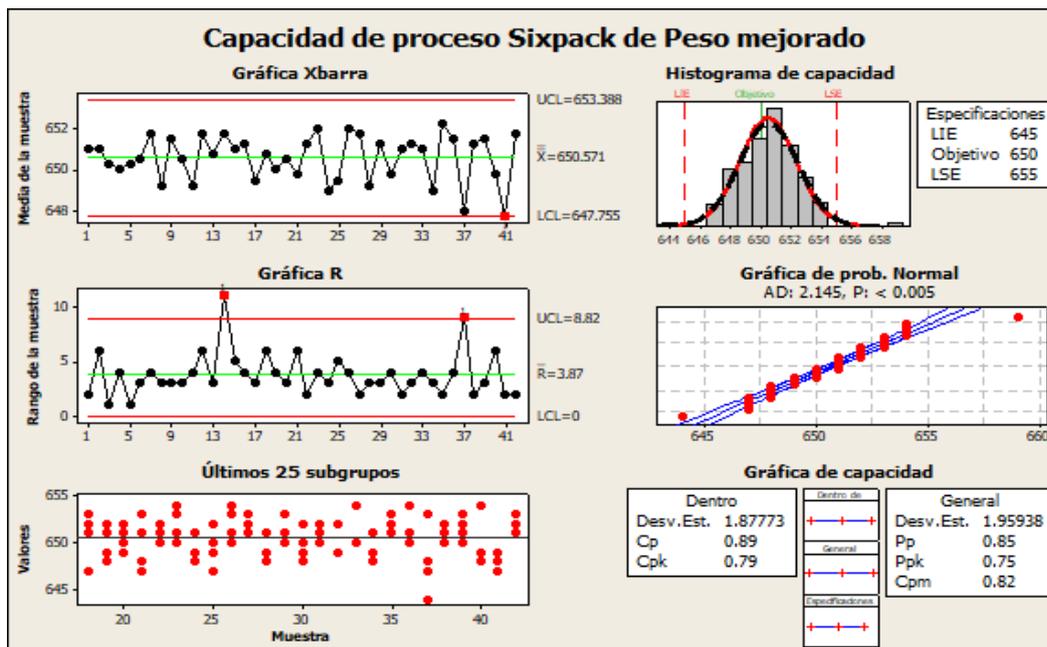
Figura N°06. Capacidad del proceso después de aplicado DMAIC



Fuente: Los Autores

De la Figura N°06, se puede apreciar que la índice capacidad del proceso se ha incrementado a 0.85, teniendo una mejora como proceso controlado, sin embargo, no supera la medida indicada de 1.33, que es un promedio de buen desempeño del proceso, se observa además de una media de 650.57 gramos mucho más cercano al objetivo.

Figura N°07. Capacidad del proceso después de aplicado DMAIC - Sixpack



Fuente: Los Autores

De la Figura N°07, con respecto a las gráficas de control, se cuenta con menor distorsión de valores, es por ello que se hace énfasis en la reducción de rango, se presenta dispersión dentro de los datos encontrados, en cuando al histograma se aprecia una ligera forma de distribución normal, pero en realidad no es verificada por el p-valor, ya que este es inferior a 0.05, lo que hace precisar que la distribución no es normal, se cuenta con una desviación estándar de 1.96 gramos, con una capacidad de proceso de 0.85.

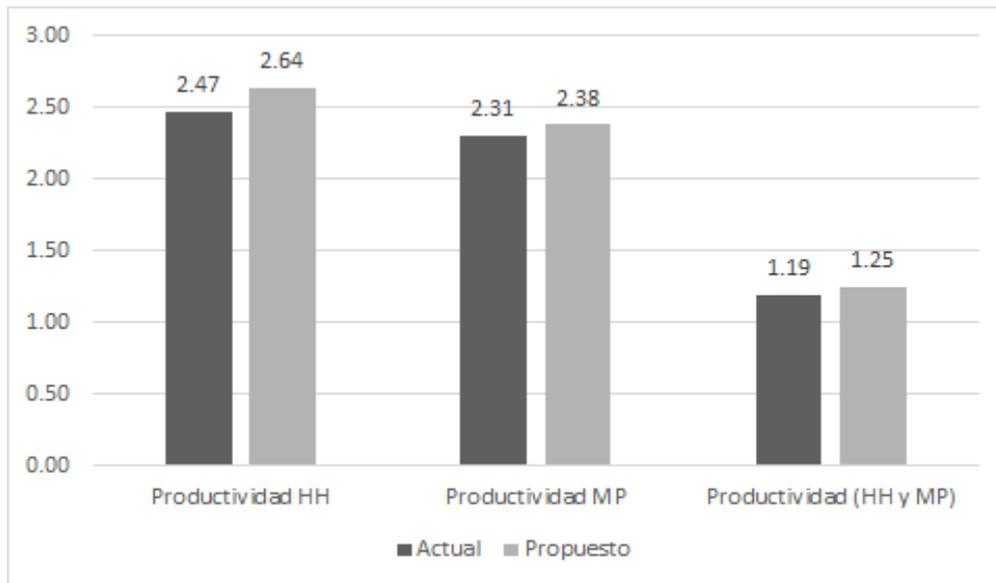
Tabla N°06. Estudio de productividad

Indicadores	Actual	Propuesto	Variación
Producción (Unidades)	600	600	0.00%
Precio unitario de venta (S/.)	1.5	1.5	0.00%
Ingresos (S/.)	900	900	0.00%
Horas de trabajo del proceso (horas)	8	7.5	-6.25%
Costo de HH (S./HH)	6.5	6.5	0.00%
Número de trabajadores	7	7	0.00%
Costo HH/lote (S/.)	364	341.25	-6.25%
Costo de MP (S./kilogramo)	0.65	0.63	-3.08%
Costo de materia prima de producción (S/.)	390	378	-3.08%
Productividad HH	2.47	2.64	6.67%
Productividad MP	2.31	2.38	3.17%
Productividad (HH y MP)	1.19	1.25	4.83%

Fuente: Los Autores

La tabla N°06, detalla los indicadores de producción de un lote de 600 unidades correspondientes a 20 paquetes con 15 botellas cada uno, en el cual se aprecia la reducción de costos de producción, tiempos de procesamiento, en 6.25%, además del incremento de las productividades en 6.67% en lo referente a productividad de horas hombre, incremento de productividad de materia prima en 3.17% y 4.83% en productividad total, es decir para ambos factores productivos de mano de obra y materia prima.

Figura N°08. Gráfica de productividades.



Fuente: Los Autores

De la Figura N°08, se aprecia el incremento de productividad en el método actual y propuesto, es decir en un antes y después de la aplicación de las mejoras propuestas por la metodología DMAIC.

CONCLUSIONES

Dentro de las conclusiones es preciso indicar que la aplicación de metodología DMAIC, permite identificar la variable crítica de análisis, además de realizar las mediciones de dichas variables, permite especificar los problemas y las causas que provoca dicho problema, con el fin de realizar un listado de posibles soluciones, es por ello que Industrial TAPIA SAC, está en proceso de adecuación de mejoras, con el fin de encontrar mejores resultados, para ello se aplica técnicas de métodos de estudio, planes de mantenimiento y demás actividades que eliminan errores de producción y garantizan la calidad de producto.

Se ha logrado identificar la variable crítica de análisis, que es el peso de producto, con el fin de establecer los parámetros del proceso, las tolerancias y el objetivo de reducir la variabilidad en el proceso.

El estudio de variabilidad permite desarrollar alternativas de mejora, en el cual se ha identificado, genera unos planes de mantenimiento, especificar procedimiento de realización de actividades, las cuales se hacen con el soporte de actividades, cronogramas y responsables, que permiten el seguimiento y control mediante gráficas de control y estudios estadísticos, para el análisis de la capacidad de proceso.

LISTA DE REFERENCIAS

- Acosta, C., Sierra, J., & Figueroa, K. (2017). *Aplicación de la metodología Lean Six Sigma en el área de metalmecánica de la producción de refrigeradores comerciales en la organización Friomix del Cauca.*
- Aguilar, J. (2014). *Propuesta de implementación del modelo DMAIC para la reducción de merma en la producción de envases PET en una empresa de producción de botellas EPB.*
- Aire, W. R., Borra, J. E., Ortiz, E. A., & Quispe Abrego, V. J. (2021). Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la calidad del servicio de transporte en un operador logístico. *Repositorio ESAN*, 1–177.
<https://repositorio.esan.edu.pe//handle/20.500.12640/2738>
<https://hdl.handle.net/20.500.12640/2738>
- Arestegui, J., & Jimenez, D. (2019). *Estandarizacion del nivel de llenado para el formato vidrio 330 ml sin gas mediante la metodologia DMAIC en la empresa Cervecerias Cusco SAC, 2019.*
https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3485/José_Daniel_Tesis_bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cabrera, P., Carrillo, P., & Huaricancha, R. (2019). *Propuesta de mejora de una línea de bebidas para incrementar su productividad.*
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625474/CabreraH_P.pdf?sequence=10
- Cardona, E., & Manzur, R. (2015). *Aplicación de la metodología Seis Sigma para la disminución del indicador de la merma de envase retornable en la planta de Cola Cola Femsa Nodo Medellín.* 1–53.
https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/2142/CardonaEsteban_2015_AplicacionMetodologiaSigma.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Carro, R., & González, D. (2010). Estrategia de Produccion/Operaciones en un entorno global. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
<https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1543/1/01315.pdf>
- Chávez, J., Luna, V. G., Santiesteban, N. A., & Velázquez, J. E. (2019). Gestión del mantenimiento mediante Six Sigma para la optimización de la productividad de la maquinaria y equipos diversos para una pyme. *Revista de Ingeniería Industrial*, 3(10), 17–27.
<https://doi.org/10.35429/jie.2019.10.3.17.27>
- Chinome, A. J., & Torres, A. del P. (2020). *Propuesta para la reducción de desperdicios en el proceso de garrafas en la empresa Colfoplas S.A utilizando la metodología Lean Seis Sigma*.
https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/144/
- Coronado, C. (2018). *Efecto del uso de lean Six Sigma en las buenas prácticas empresariales de las principales empresas agroexportadoras del Perú*.
repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/8509/3/2018_Coronado-Santivañez.pdf%0A
- Gomero, E. (2022). *Aplicación de la metodología DMAIC para la mejora en la productividad en el proceso de fabricación de vigas en la empresa construcciones metálicas Unión CMUSA*.
<https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8125>
- Guimarey, F., Hernández, L., & Vasquez, M. (2021). *Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC*. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1907>
- Irurita, J., & Roldan, P. M. (2012). *Sistemas de gestión de la calidad (tesis de grado)*. 358.
<https://core.ac.uk/download/pdf/10851013.pdf>
- Iwaki, A. R. (2021). Propuesta de mejora en la producción de pasta de ajo en una Mype de industrias alimentarias, mediante la aplicación de metodología Lean Six Sigma. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/657688>
- Latuga, M. (2020). *Aplicación del proceso six sigma en la industria alimenticia*.
<https://docplayer.es/1259840-Aplicacion-del-proceso-six-sigma-en-la-industria-alimenticia-por-michael-latuga-director-general-de-tbm-consulting-group-mexico.html>
- Mendives, M. (2010). *Aplicación de la metodología DMAMC al proceso gestión técnico comercial de la empresa supercable*.

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3072/ING_489.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Paredes, N. (2019). Plan de mejora de los procesos productivos de la elaboración de telas en la empresa Produtexti Cía. Ltda. *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*, 34–40. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29995>
- Pérez, H. (2016). *El impacto de Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas y sus factores críticos de éxito*. 185. [http://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/3873/Tesis Humberto Pérez Ortiz.pdf?sequence=2](http://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/3873/Tesis%20Humberto%20Pérez%20Ortiz.pdf?sequence=2)
- Pérez, M., & León, L. (2018). *DMAIC como estrategia para control de dureza en la fabricación de galletas*. 1–8. http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Impr_DMAIC_como_estrategia_para_control_de_dureza_en_la_fabricacion_de_galletas.html
- Sánchez, O. (2019). *Propuesta de mejora para la reducción de la variabilidad en el llenado de sacos de alimento para ganado lechera 16%, de la empresa “la posta”, Acajete, Ver.* 91. <https://cdigital.uv.mx/handle/1944/49410>
- Vargas, M. J. (2020). *Implementación de la metodología Kaizen para disminuir la rotura de envase presentada en la línea de jugos de Gascol sur*. [https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/16552/Trabajo de grado final María Jose Vargas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/16552/Trabajo%20de%20grado%20final%20María%20Jose%20Vargas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vázquez, G., Rodríguez-Picón, L. A., & Romero López, R. (2022). Implementación de metodología Seis Sigma para la solución de bolas de soldadura en tablillas electrónicas. *Cultura Científica y Tecnológica*, 19(3), 41–54. <https://doi.org/10.20983/culcyt.2022.3.2.4>
- Vite, C. (2015). *Implementación de la metodología DMAIC para reducir los defectos de etiquetado en una línea embotelladora de bebidas*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21464/1/UPS-GT003543.pdf>