

## **Análisis de la aplicación de metodología DMAIC en procesos de producción de una empresa de alimento**

**Maxgabriel Alexis Calla Huayapa<sup>1</sup>**

[maxgabriel.calla@pucp.edu.pe](mailto:maxgabriel.calla@pucp.edu.pe)

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

Universidad Nacional de Juliaca Velásquez-Perú

**Ricardo Aníbal Maldonado Mamani**

[maldonadomamani.r@gmail.com](mailto:maldonadomamani.r@gmail.com)

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

Universidad Andina Néstor Cáceres-Perú

**Carlos Manuel Rodríguez San Román**

[carlosrodriguez@aloe.ulima.edu.pe](mailto: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](mailto:juanwfarfanc@gmail.com)

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

Universidad Nacional de Juliaca-Perú

**Nora Haydee Quispe Bellido**

[nhquispeb.doc@unaj.edu.pe](mailto:nhquispeb.doc@unaj.edu.pe)

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

Universidad Nacional de Juliaca-Perú

### **RESUMEN**

La presente investigación trata del análisis de los resultados de la aplicación de la metodología DMAIC en una empresa de alimentos, a fin de conocer el procedimiento de aplicación de esta alternativa, el estudio ayudó a identificar los principales problemas referente a la calidad no deseada en la entrega de productos. La metodología empleada se basa en el enfoque cuantitativo, a nivel descriptivo del problema y de los resultados. La población objeto de análisis son las unidades de producción, que son productos de 250 gramos, de los cuales se aplica una muestra para su pesado, esto para ver el control de los procesos. Con respecto a los resultados se ha tenido índices de 0.37 para la capacidad de proceso a nivel general y con la aplicación de la metodología DMAIC se ha logrado un ligero incremento a 1.07, sin embargo, se espera, con los posteriores análisis lograr un índice de la capacidad de proceso a 1.33, que es el promedio de calidad y control de los procesos. Como conclusiones se tiene que la metodología DMAIC, permite incrementar el control sobre los procesos, ya que, permite la identificación de las falencias en las actividades, procesos y tareas, permite establecer estrategias y acciones de mejora.

**Palabras clave:** Aplicación; metodología DMAIC; procesos; control; mejora.

---

<sup>1</sup> Autor principal

# **Analysis of the application of DMAIC methodology in production processes of a food company**

## **ABSTRACT**

The present research deals with the analysis of the results of the application of the DMAIC methodology in a food company, in order to know the procedure of application of this alternative, the study help identify the main problems regarding the unwanted quality in the delivery of products. The methodology used is based on the quantitative approach, at the descriptive level of the problem and the results. The population under analysis are the production units, which are products of 250 grams, of which a sample is applied for weighing, this to see the control of the processes. With respect to the results there have been indices of 0.84 for the process capacity at a general level and with the application of the DMAIC methodology it has achieved a slight increase to 0.37, however, it is expected, with the subsequent analyzes to achieve an index of the process capacity to 1.07, which is the average quality and control of the processes. As conclusions, the DMAIC methodology allows to increase control over processes, since it allows the identification of shortcomings in activities, processes and tasks, allows to establish strategies and improvement actions.

**Keywords:** *Application; DMAIC methodology; Processes; control; improvement*

*Artículo recibido 17 mayo 2023*

*Aceptado para publicación: 17 junio 2023*

## INTRODUCCIÓN

Una de las aplicación de la metodología DMAIC realizadas (Carrillo et al., 2022), ha sido en la reducción de variabilidad en la parte operativa de empresa en estudio, además de la disminución del ruido, que es tratado como agente contaminantes, es por ello que las mediciones correspondientes las ha realizado con máquina de medición de nivel de presión sonora, esto en el medio, la fuente y en el individuo, estos han disminuido de manera significativa. Por ello la aplicación de esta metodología no solo se centrada en procesos específicos, si no es aplicable a todas las ramas y rubros industriales.

En el caso de aplicación de metodología DMAIC por (Leon & Giraldo, 2019), se ha centrado en mejorar el proceso de atención de pedidos, es decir, que la metodología no se centra en sistema de procesos de manufactura, sino, que es aplicable a actividades de servicios, ya que se enfoca en la mejora de satisfacción del cliente, además de reducir los niveles de reclamos y finalmente logra reducir los costos que involucran la prestación de este servicio. Otro de los beneficios adicionales es que trata de mejorar los indicadores a nivel operativo, esto produce un ahorro importante para la empresa, además de evitar reprocesos, anulaciones de pedido y la modificación en fecha de entrega y envió, también permite prevenir devoluciones.

Con relación a la aplicación de esta metodología (Nina, 2020), ha logrado resultados importantes como reducción de tiempo estándares, lograr un proceso de atención más organizado, es importante considerar que el proceso de estandarización contempla los factores fatiga y suplemento de tiempo.

La investigación se centra en el análisis de la aplicación de la metodología DMAIC, como herramienta de mejora continua, por ellos se hace las siguientes cuestiones: ¿Cuál son los beneficios de la aplicación de metodología DMAIC en el proceso de producción?, seguidamente se establecen preguntas a nivel específicos, como: ¿Cómo influye el análisis de la variabilidad de peso del producto final en el proceso de producción?, además de ¿Qué alternativas de mejora de producción se han identificado con la aplicación de metodología DMAIC?

Entre los objetivos, se destaca el general, es identificar los beneficios de la aplicación de metodología DMAIC en los procesos de producción, además de determinar el efecto del análisis

de variabilidad de peso en el producto final e identificar las alternativas de mejora en el sistema de producción por medio de la aplicación de metodología DMAIC.

Dentro de la justificación de la presente investigación, se hace con el propósito de lograr identificar los principales beneficios de la aplicación de DMAIC dentro de los resultados de la empresa, además de identificar las causas de variación de peso de producto que se ha encontrado, con ello también determinar el índice de control de proceso con el cual está trabajando la empresa, del mismo modo, se pretende motivar a otras entidades, empresas u organizaciones, a aplicar esta metodología con el fin de mejorar su sistema productivo, la calidad entrega a sus clientes o cualquier aspecto que se desea analizar, medir, controla y mejorar.

### Generalidades de la Metodología DMAIC

La definición hecha por (Leon & Giraldo, 2019), sobre la metodología DMAIC se centra en un proceso de mejora continua cíclica que consta de definir, actividades de Medir, procesos de Analizar, los procesos de Mejorar y las actividades de Controlar, la ventaja en su aplicación es que si no se logra el resultado que se espera, se puede reiniciar el ciclo DMAIC, a fin de lograr la mejora que se necesita.

Figura N°01. Fases de la metodología DMAIC

|          | DESCRIPCIÓN                                                                      | ACTIVIDADES                                                                                      |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>D</b> | Definir el problema, objetivos y procedimientos de mejora                        | Realizar un diagrama SIPOC<br>Analizar el Diagrama de proceso                                    |
| <b>M</b> | Medir el rendimiento del proceso actual                                          | Verificar los índices de capacidad de proceso                                                    |
| <b>A</b> | Analizar el proceso actual, identificar las causas de generación del problema    | Realizar diagrama Ishikawa<br>Realizar un diagrama de Pareto<br>Realizar una Matriz de 5 Porqués |
| <b>I</b> | Mejorar el proceso, reducir el impacto de las causas                             | Identificar las posibles soluciones                                                              |
| <b>C</b> | Controlar el proceso, identificar las mejoras que sean logrado con la aplicación | Inspección de índices de capacidad de proceso nuevos                                             |

Fuente: Los Autores

En la figura N°01, se puede identificar la descripción general de la metodología DMAIC, además de las actividades que generalmente se realizan, esto permite tener una guía de trabajo a fin de desarrollar un análisis más ordenado y detallado.

Para (Segura, 2017), los objetivos del ciclo DMAIC, es determinar la capacidad que posee el proceso, en el cual averiguar los factores de variabilidad, así establecer las relaciones de causalidad, desarrollar alternativas de solución, el cual debe de controlarse una vez implementado las mejoras.

DMAIC según (García et al., 2019), es parte de la aplicación de Seis Sigma, ya que es una combinación de actividades, que parte desde una entrada, salida, involucra factores productivos entre otros, son tareas repetibles, con el fin de establecer un orden de trabajo, todo ello basado en la gestión de calidad, para mejorar el sistema de producción.

La metodología DMAIC, se apoya se herramientas diversas como diagrama de flujo de procesos, diagramas de causa y efecto, diagrama de Pareto, histogramas, graficas de control, diagramas de dispersión entre otros, todo, ello para el análisis de los datos obtenidos durante la aplicación del ciclo de mejora.(Gómez, 2019).

La metodología DMAIC, permite el reducir errores en procesos, a la ves permite incrementar la calidad del producto, mejorar el rendimiento del proceso, ya que ataca a los problemas, puesto que permite el uso de herramientas Lean, las cuales reducen merma, generan soluciones y eliminan problemas recurrentes en los proceso (Sirlupu, 2020).

Dentro de las características de esta metodología se cuenta con que se centra en los requerimiento del cliente, se hace la detección de los problemas según la capacidad del proceso, permite el uso de herramientas estadísticas, fomenta la participación de todo los colaboradores y permite generar un ambiente lleno de beneficios para la organización (Cueva & Quijano, 2020).

Para (Varas, 2010) la mejora que permite principalmente la aplicación de DMAIC, corresponde a reducir desperdicios. También permite definir los problemas, mejorar las condiciones del proceso, medir los datos del proceso, análisis de la información recolectada del proceso, realizar mejoras en el proceso y hacer el control respecto del proceso. Todo el ciclo actúa en función de las necesidades del cliente.

### **Fases de la Metodología DMAIC**

Esta metodología tiene sus correspondientes pasos o etapas de trabajo, es decir sigue una secuencia, cada una de estas etapas permite analizar el comportamiento del proceso, relacionar el

problema de análisis y así lograr los resultados que deseamos, por lo tanto, se resumen las principales fases, sus actividades y herramientas aplicables.

Según (Pérez et al., 2020), DMAIC es un ciclo interconectado, que permite la definición de un objetivo, la medición del proceso, el análisis de causas que ocasionan los defectos, errores, desviaciones, etc. para luego mejorar con la eliminación de los defectos, a fin de generar un control de desempeño.

Según (Yepes, 2021), las etapas de desarrollo de la metodología DMAIC, basado en el proceso se Seis Sigma, son:

- Selección de característica crítica para análisis
- Definición de estándar de desempeño.
- Validación de la métrica
- Establecer la capacidad de proceso
- Definir los objetivos
- Identificar las causas de variabilidad
- Seleccionar las principales causas
- Establecer las tolerancias y límites del proceso.
- Validar el sistema de medición
- Determinar la capacidad del proceso
- Aplicar los controles del proceso.

La metodología DMAIC para (Díaz & Dioses, 2022), permite establecer actividades por etapas a fin de realizar su ejecución, todo con el propósito de reducir los defectos, eliminar actividades innecesarias, proponer soluciones a nivel de ingeniería, que permitan elevar la productividad y la calidad que brinda la empresa.

### **Fase de Definir**

La primera fase para (Leon & Giraldo, 2019), es definir, en ella se identifica las oportunidades, definir los participantes y los objetivos a los que se desea llegar. Es importante considerar el modo

de realización de esta actividad sumados a los resultados que se quieren llegar, en esta etapa es importante considerar una lluvia de ideas lograr identificar el problema y las posibles soluciones. Para esta parte del proyecto se hace énfasis en definir los problemas y los objetivos a fin de marcar un camino para la ejecución de la mejora (Guzmán, 2018).

Diagrama SIPOC, según (García et al., 2019), trata del proceso en general, a la vez lo involucra con los proveedores y clientes, a fin de establecer una guía o un camino del proceso, este diagrama presenta a los componentes del ruta de trabajo empieza desde los suministros que entregan los proveedores, entradas de insumos, transformación debido al proceso, y los resultados que son las salidas, y termina en los clientes.

Las etapas de DMAIC comienza con la identificación de aspectos claves de la organización, en ella se define los requisitos del proceso, el objetivo de la mejora de aplicación DMAIC y el enunciado de las posibles soluciones al problema que se estudia (Ortega et al., 2022).

### **Fase de Medir**

Para esta etapa se mide el proceso, se determina la situación actual, a fin de analizar las causas importantes que producen la variación (Guzmán, 2018).

En esta etapa se presenta la toma de muestra, en el cual se debe aplicar la estadística descriptiva, a fin de lograr la capacidad del proceso, realizar las medidas de dispersión, a de conocer los sesgos de los datos. Esta etapa conlleva la definición del proceso, y la forma de evaluar las mediciones y el sistema (Gómez, 2019).

El proceso de medir para (Leon & Giraldo, 2019), comprende la recolección de información para el análisis, en ella de evaluación el estado actual, con el soporte de la estadística, esto permite realizar más adelante las comparaciones.

Según (Ibarra & Berrazueta, 2019), en esta etapa se hace la descripción de los procesos, la medición de los datos, como herramientas se usan los flujogramas para la identificación de actividades, relaciones entre áreas, etc., para el procesamiento de datos se pueden usar graficas de control, para ver la dispersión de las mediciones realizadas.

## **Fase de Analizar**

La etapa de analizar comprende para (Barrera, 2022), establecer un conjunto de causas que afectan el problema, es decir realizar el reconocimiento de los efectos, en esta etapa se considera la aplicación de Diagrama de Ishikawa. También se puede establecer la hipótesis correspondiente de las causas, en ellas se seleccionan las más importantes que originan el problema, para su posterior tratamiento.

En las actividades de la fase de Analizar según (Leon & Giraldo, 2019), se deben de identificar las causas raíces del problema a ello se debe de priorizar las causas que más frecuencia generan el problema o las que se presenta de manera rutinaria, para ello se usa herramientas de análisis de causas y efectos, dentro de ellas se puede citar al Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, matrices de 5 porqués, entre otros.

Con respecto a la fase analizar según (Cuartas & Zemanate, 2016), permite desarrollar las posibles soluciones, un tipo de hipótesis, la identificación de las causas importante, la validación de las hipótesis, es en este paso que se debe depurar ciertos requisitos, a fin de generar la evaluación del diseño del proceso, del cual eliminar actividades que no añaden valor, eliminar cuellos de botella, reducir tiempos muertos, entre otros.

Las capacidades generales muestran la dispersión del proceso, además de cómo está centrado el proceso,  $P_p$ , es importante considerar que estos indicadores deben ser mayores a 1, para que se considere que el proceso está funcionando correctamente (Bernardo & Paredes, 2016).

## **Fase de Mejorar**

En la fase de mejorar, se debe dar importancia a actividades como la preparación de la estructura de trabajo, el desarrollo de las posibles soluciones y el diseño del plan de acción que deben contener las tareas, el tiempo y el responsable de ejecución, seguimiento y control (Cortez, 2019).

La cuarta fase según (Leon & Giraldo, 2019), es la de mejorar, en ella se identifican las respectivas alternativas de mejora, donde las posibles soluciones deben responder al problema, evitar las causas raíces o reducir el impacto de ellas en los resultados. Tiene una secuencia de actividades que son la creación de soluciones, los criterios de aplicación, la prueba de soluciones, generar un plan de acción y un cronograma.

La fase de mejorar implica según (Ocampo & Pavón, 2012), la identificación de posibles soluciones, para ello se usan herramientas como la lluvia de ideas, herramientas de prevención de errores, como el AMFE, simulaciones entre otros.

### **Fase de Controlar**

En lo referente a la fase de Controlar (Leon & Giraldo, 2019), indica que se debe de verificar el impacto de la implementación de mejoras, para ello se hace análisis del control de proceso en el antes y después de la aplicación. Se analiza la eficacia de las acciones, así como las mejoras, como retroalimentación en caso que no se haya conseguido lo desea se toma la decisión de reiniciar el ciclo DMAIC.

La fase de controlar según (Guzmán, 2018), se sostiene en planes como:

- Plan de objetivos a largo plazo, esto en función de la estrategia de la empresa.
- Plan de retroalimentación, para análisis de las causas y de los efectos de las mejoras aplicadas.
- Plan de capacitación, comprende la ejecución de actividades para mejorar el desempeño de los colaboradores y personal.
- Plan de mantenimiento de mejoras, comprende una serie de procedimientos para definir las metas, indicadores y observaciones.

Para (Narvaez, 2019), la fase de controlar, permite el control de variables críticas presentes en el proceso, con ayuda de cartas de control. En otras ocasiones se aplica la capacitación del personal a fin de que puedan mantener e interpretar los resultados, todo en miras de conseguir la mejora continua.

### **METODOLOGÍA**

La metodología aplicada para esta investigación es de enfoque cuantitativo, esto debido a que utiliza la parte de estadística descriptiva para el procesamiento y análisis de los datos estudiados, con relación a la parte de nivel de investigación se centra en la descripción de los datos encontrado antes y después de la aplicación de la metodología DMAIC. Con respecto a la población de análisis, es la producción de bolsas de cereales andinos, específicamente Quinoa Perlada lista para

cocinas, en su presentación de 250gr., para el cual se aplicará a un lote de producción, para la cual se aplicará una fórmula para la muestra, que es la siguiente:

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

Cada uno de los datos corresponde a lo siguiente:

n = es cantidad de producción que se ha de muestrear.

Z = para un nivel de confianza de 95% toma un valor de 1.96

p = representa la probabilidad a favor, para el caso aplicativo será de 50% o 0.5

q = representa la probabilidad en contra, para el caso aplicativo será de 50% o 0.5, también es estimado por (1-p)

N = Cantidad del lote de producción

e = nivel de error al 5%, toma un valor de 0.05 para la estimación de la muestra.

Para el procesamiento de los datos, se hace uso de software Minitab, Microsoft Excel, Microsoft Visio, entre otros.

Para la recolección de la medición se hace uso de una balanza gravimétrica, el cual se hará el registro de peso, a fin de encontrar las variabilidades correspondientes.

Para la interpretación de datos y procesamientos de información se hace uso de herramientas propias de la metodología DMAIC, que son:

- Diagrama SIPOC
- Diagrama de Pareto
- Diagrama de Ishikawa
- Flujograma o Diagrama de análisis de proceso
- Matriz de cinco porqués
- Diagramas de dispersión, histogramas, medidas de rango entre otros.

Para (Navarro et al., 2020), el proceso de identificación de las variaciones, el procesamiento, el análisis de la información, se hace mediante el control estadístico de calidad, mediante graficas de control, todo ello para realizar el seguimiento y monitoreo de las variaciones.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

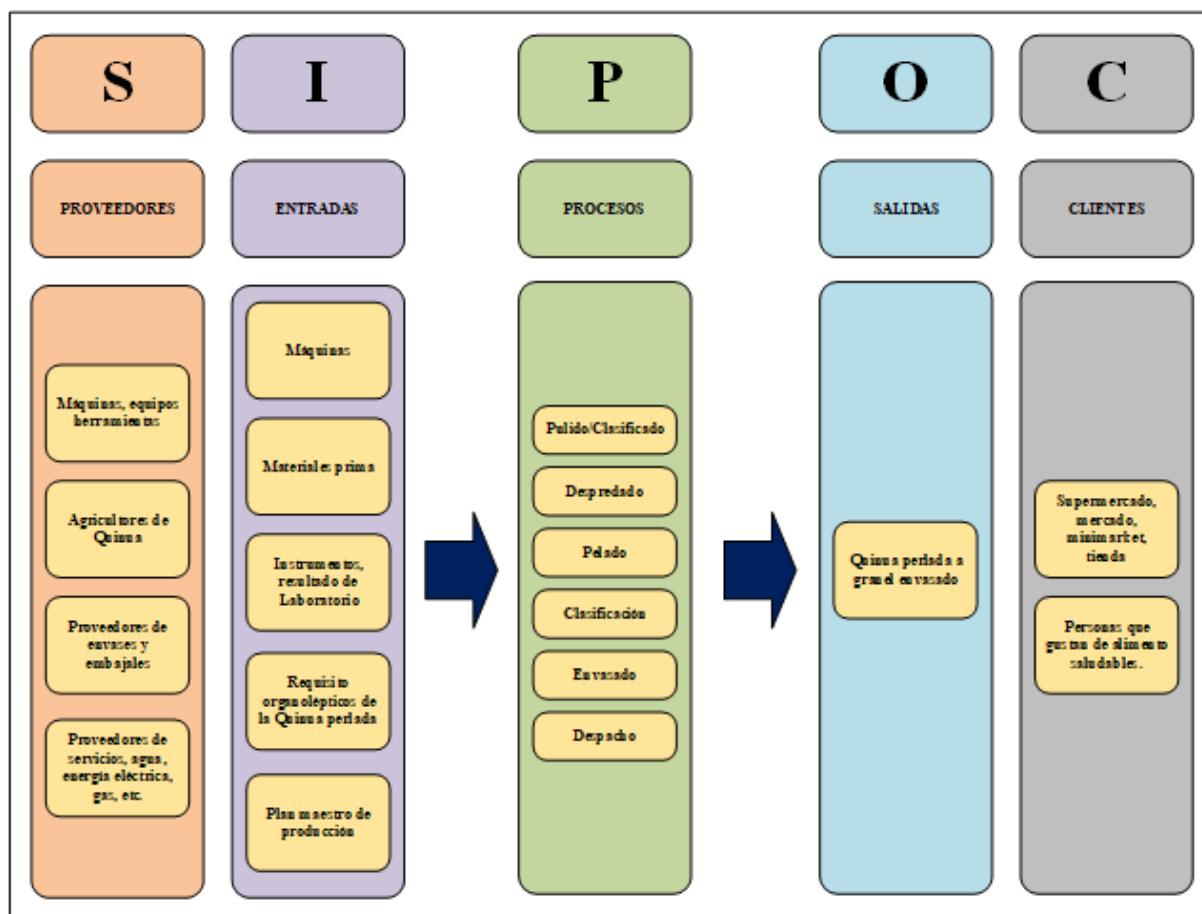
### **Aplicación de la fase Definir**

Definición del problema a analizar, se observado unidades rechazadas en la producción, esto debido a la variación que se ha detectado en el peso del mismo, que debería de ser de 250 gramos, lo que produce una desestabilización del proceso, genera merma, el rechazo por parte de los clientes, entre otros, por lo que se debe de ajustar el proceso en los límites permitidos por la empresa, a fin de calibrar la maquina envasadora, realizar su mantenimiento correspondiente o en lo posible realizar una renovación de la máquina, o mejorar la capacitación del personal encargado de los controles de esta máquina.

El objetivo de la aplicación de esta metodología DMAIC, a fin de reducir la variabilidad observada en el peso del producto que es de 250 gramos, en lo posible lograr el control del proceso.

Se realiza el diagrama SIPOC, en el cual se considera, los proveedores de la materia prima, para nuestro caso Quinoa en su variedad perlada, además de las entradas que se utiliza el proceso, la descripción del proceso general para la producción, las salidas correspondientes y los clientes a quienes se debe de satisfacer.

Figura N°02. Diagrama SIPOC



Fuente: Los Autores

La figura N°02, indica los componentes principales del diagrama SIPOC, con el fin de tener el reconocimiento de los principales actores de la cadena de producción de envasado de quinua perlada a granel.

### Aplicación de la fase Medir

Se realizó un muestreo probabilístico a la producción, para la cual se aplicará una fórmula para la muestra, que es la siguiente:

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

Cada uno de los datos corresponde a lo siguiente:

n = es cantidad de producción que se ha de muestrear.

Z = para un nivel de confianza de 95% toma un valor de 1.96

p = representa la probabilidad a favor, para el caso aplicativo será de 50% o 0.5

q = representa la probabilidad en contra, para el caso aplicativo será de 50% o 0.5, también es estimado por (1-p)

N = Cantidad del lote de producción

e = nivel de error al 5%, toma un valor de 0.05 para la estimación de la muestra.

Por lo tanto, se tiene:

$$n = \frac{1.96^2 \cdot (0.5)(0.5) \cdot 450}{0.05^2 \cdot (450 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = 207.49 = 208 \text{ bolsas de quinua perlada}$$

Esta muestra se puede agrupar en 52 partes de 4 subgrupos para realizar el análisis de rangos y media de la muestra, como se muestra a continuación:

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

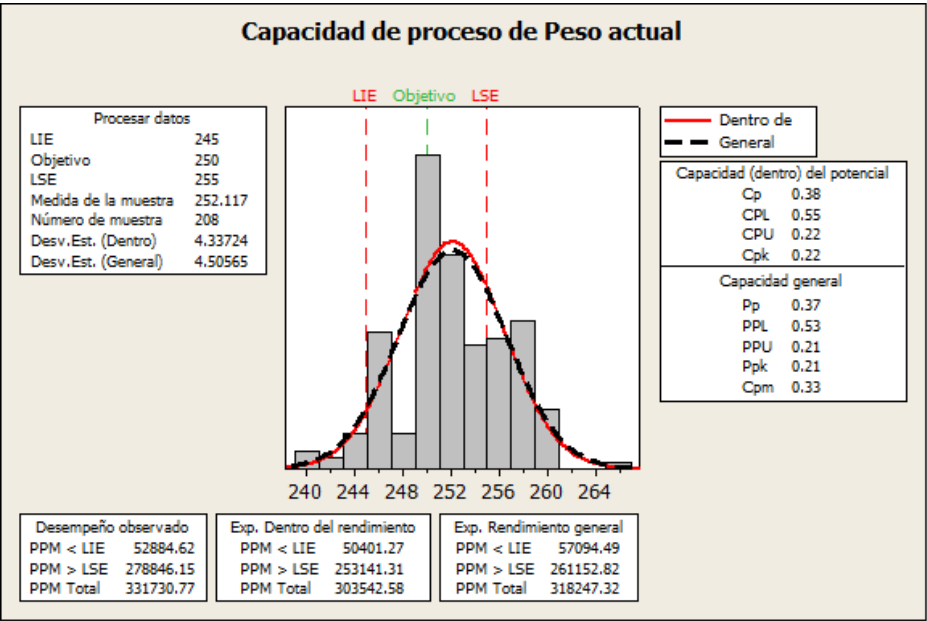
| N° | Subgrupos |       |       |       | Rango (R) | Media (X) |
|----|-----------|-------|-------|-------|-----------|-----------|
|    | 1         | 2     | 3     | 4     |           |           |
| 1  | 245.2     | 248.9 | 251.2 | 250.3 | 6.0       | 248.9     |
| 2  | 251.3     | 244.1 | 251.3 | 250.9 | 7.2       | 249.4     |
| 3  | 251.6     | 259.6 | 256.6 | 246.6 | 13.0      | 253.6     |
| 4  | 249.3     | 241.6 | 251.3 | 251.3 | 9.7       | 248.4     |
| 5  | 245.6     | 250.9 | 246.6 | 250.4 | 5.3       | 248.4     |
| 6  | 248.9     | 250.8 | 241.6 | 249.8 | 9.2       | 247.8     |
| 7  | 258.9     | 255.6 | 250.3 | 246.5 | 12.4      | 252.8     |
| 8  | 256.3     | 246.8 | 250.9 | 250.3 | 9.5       | 251.1     |
| 9  | 253.1     | 250.3 | 240.6 | 258.8 | 18.2      | 250.7     |
| 10 | 250.3     | 244.3 | 251.3 | 253.2 | 8.9       | 249.8     |
| 11 | 251.2     | 253.2 | 265.6 | 251.3 | 14.4      | 255.3     |
| 12 | 249.9     | 256.9 | 249.8 | 250.8 | 7.1       | 251.9     |
| 13 | 247.9     | 250.4 | 253.2 | 244.6 | 8.6       | 249.0     |
| 14 | 246.3     | 248.9 | 255.6 | 250.3 | 9.3       | 250.3     |
| 15 | 251.2     | 246.5 | 259.8 | 244.9 | 14.9      | 250.6     |
| 16 | 251.3     | 240.3 | 251.3 | 248.3 | 11.0      | 247.8     |
| 17 | 251.4     | 250.3 | 246.5 | 250.6 | 4.9       | 249.7     |
| 18 | 251.3     | 250.9 | 256.8 | 250.9 | 5.9       | 252.5     |
| 19 | 251.3     | 253.2 | 246.5 | 250.4 | 6.7       | 250.4     |
| 20 | 251.6     | 251.3 | 246.6 | 249.8 | 5.0       | 249.8     |
| 21 | 251.9     | 249.8 | 259.6 | 253.2 | 9.8       | 253.6     |
| 22 | 259.8     | 249.8 | 257.8 | 243.6 | 16.2      | 252.8     |
| 23 | 250.8     | 246.5 | 256.8 | 250.6 | 10.3      | 251.2     |
| 24 | 249.3     | 257.8 | 252.6 | 256.9 | 8.5       | 254.2     |
| 25 | 251.1     | 257.7 | 257.6 | 250.8 | 6.9       | 254.3     |
| 26 | 250.8     | 250.4 | 256.8 | 258.8 | 8.4       | 254.2     |
| 27 | 250.6     | 256.3 | 246.9 | 257.8 | 10.9      | 252.9     |

|          |       |       |       |       |      |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| 28       | 250.3 | 250.6 | 259.8 | 248.3 | 11.5 | 252.3 |
| 29       | 250.4 | 250.9 | 245.6 | 256.9 | 11.3 | 251.0 |
| 30       | 250.9 | 253.6 | 246.8 | 251.4 | 6.8  | 250.7 |
| 31       | 250.6 | 240.6 | 251.4 | 251.4 | 10.8 | 248.5 |
| 32       | 257.8 | 258.9 | 259.6 | 250.8 | 8.8  | 256.8 |
| 33       | 259.8 | 258.6 | 250.8 | 257.8 | 9.0  | 256.8 |
| 34       | 246.5 | 256.3 | 255.8 | 250.3 | 9.8  | 252.2 |
| 35       | 257.3 | 250.9 | 250.9 | 250.4 | 6.9  | 252.4 |
| 36       | 250.3 | 250.6 | 254.6 | 257.9 | 7.6  | 253.4 |
| 37       | 259.8 | 255.6 | 250.9 | 250.6 | 9.2  | 254.2 |
| 38       | 253.2 | 256.8 | 257.9 | 258.9 | 5.7  | 256.7 |
| 39       | 258.7 | 256.9 | 246.6 | 259.8 | 13.2 | 255.5 |
| 40       | 258.7 | 250.6 | 253.6 | 246.8 | 11.9 | 252.4 |
| 41       | 249.8 | 245.6 | 250.6 | 254.6 | 9.0  | 250.2 |
| 42       | 253.2 | 250.4 | 255.6 | 258.7 | 8.3  | 254.5 |
| 43       | 254.8 | 251.4 | 254.6 | 253.6 | 3.4  | 253.6 |
| 44       | 251.8 | 251.4 | 244.6 | 253.9 | 9.3  | 250.4 |
| 45       | 251.4 | 251.2 | 254.6 | 251.4 | 3.4  | 252.2 |
| 46       | 251.4 | 251.3 | 256.8 | 253.6 | 5.5  | 253.3 |
| 47       | 245.6 | 256.8 | 257.8 | 254.6 | 12.2 | 253.7 |
| 48       | 251.3 | 255.6 | 257.6 | 258.6 | 7.3  | 255.8 |
| 49       | 258.6 | 245.6 | 256.8 | 255.8 | 13.0 | 254.2 |
| 50       | 259.8 | 251.2 | 254.8 | 251.4 | 8.6  | 254.3 |
| 51       | 250.3 | 251.4 | 246.5 | 251.4 | 4.9  | 249.9 |
| 52       | 257.6 | 258.9 | 246.6 | 254.2 | 12.3 | 254.3 |
| Promedio |       |       |       | 9.2   |      | 252.1 |

Fuente: Los Autores

De la tabla N°01, se observa un promedio de rango de 9.2 gramos, en tanto, se tiene una media de 252.1 gramos, es decir se está entregando más producto, lo que ocasiona pérdidas para la empresa, es por ello que también debe presentar caso en que se entrega menos producto al cliente, y es por ello que se tiende a rechazar el producto.

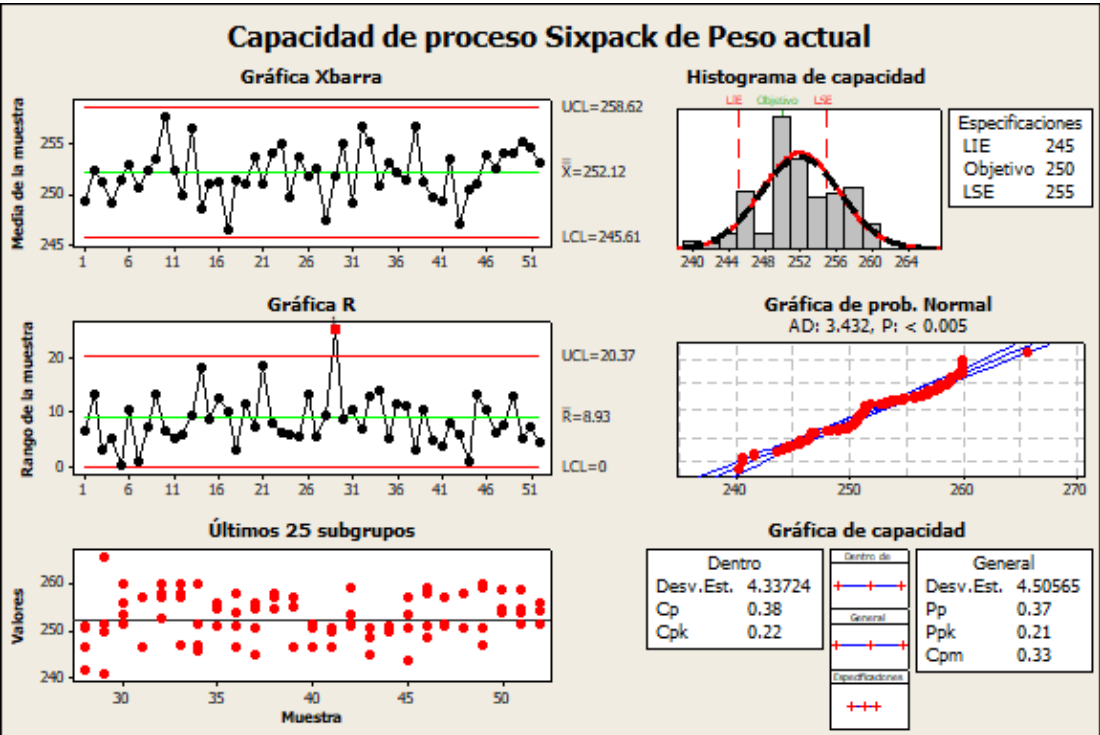
Figura N°03. Capacidad del proceso actual



Fuente: Los Autores

De la Figura N°03, se puede identificar un índice de capacidad de proceso de 0.37, siendo un proceso descontrolado, ya que no se tiene especificado, nuevamente se aprecia una media de 252.117 gramos.

Figura N°04. Capacidad del proceso actual - Sixpack



Fuente: Los Autores

De la Figura N°04, se aprecia las gráficas de media de la muestra, cabe resaltar que se tiene los datos observado dentro de los límites establecidos, existe un rango fuera del límite superior, y se encuentra mucha dispersión en la gráfica de valores, en el histograma no se aprecia la normalidad de las mediciones, el cual se corrobora con la prueba de p-valor que es menor a 0.005, lo que hace precisar que no existe normalidad. Con respecto a la capacidad tiene valores muy bajos, de 0.37 en general y una desviación estándar de 4.51 gramos que es un dato elevado.

### **Aplicación de la fase Analizar**

Durante la fase de Analizar, se hace énfasis en la aplicación de herramientas para determinar las causas del problema de variación dentro del proceso de envasado de quinua perlada.

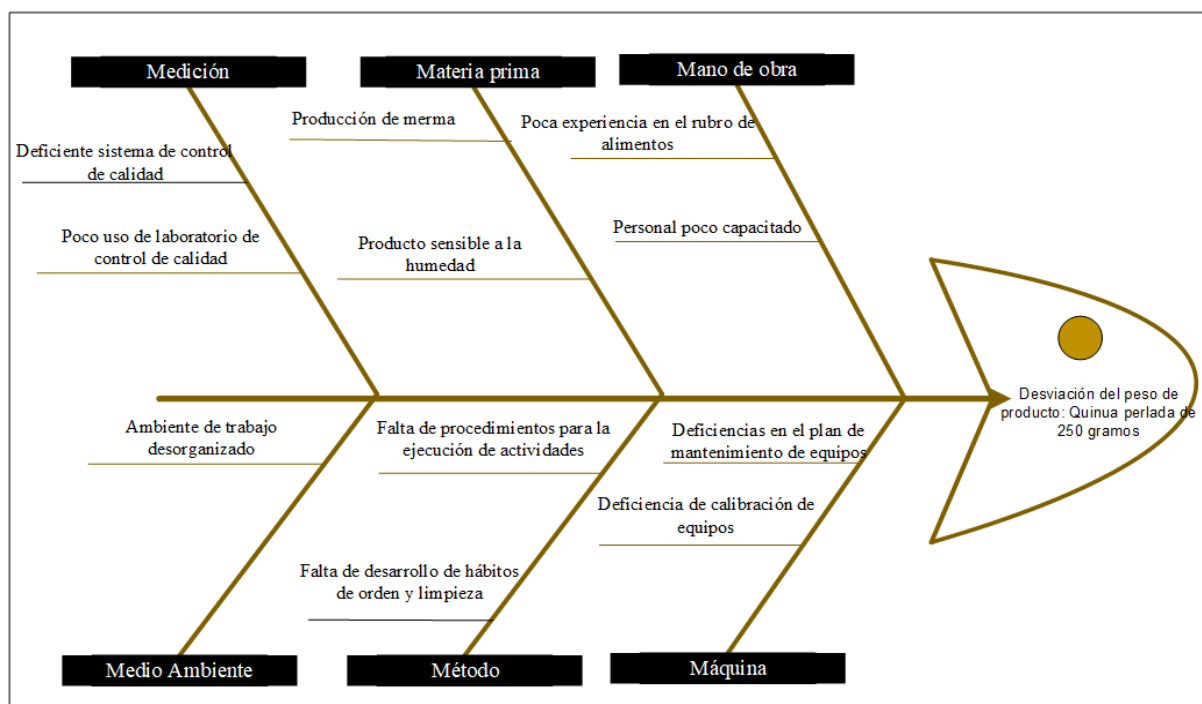
Tabla N°02. Herramienta 5 porqués.

|     | Pregunta                                                                            | Respuesta                                                                                                   |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1er | ¿Por qué se ha presentado variabilidad frecuente en el peso del producto final?     | No se ha realizado las inspecciones preventivas en calidad                                                  |
| 2do | ¿Por qué no se han realizado las inspección de calidad?                             | El proceso no cuenta con los procedimientos específico de trabajo, ni con el mantenimiento correspondiente. |
| 3er | ¿Por qué se tiene ejecutado el plan de mantenimiento?                               | No se han estandarizado el proceso de mantenimiento, ni las actividades para su ejecución                   |
| 4to | ¿Por qué no se han realizado las actividades de mantenimiento?                      | Falta de procedimiento de orden y limpieza, calibración de máquinas.                                        |
| 5to | ¿Por qué no se ha realizado acciones de limpieza y calibración adecuada de máquina? | Deficiencias de las actividades de capacitación.                                                            |

Fuente: Los Autores

Otras de las herramientas utilizadas para determinar las causas del problema de variabilidad del producto es el diagrama de Ishikawa, que permite el análisis de los factores productivos, es decir de las materias primas, la mano de obra, la medición, el método de trabajo, las máquinas y el medio ambiente.

Figura N°05. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Los Autores

De la Figura N°05, se aprecia las causas posibles de la variación de peso del producto, que se ha considerado 250 gramos.

Por lo tanto, desde el punto de vista de la perspectiva del problema, en ambos casos de Diagrama de Ishikawa y los 5 porqués, se centra en la máquina de envasado, en ellos coincide el problema de poco mantenimiento que se les da, las deficiencias en el proceso de limpieza y la falta de capacitación, todas estas ideas se concretarán en la etapa de mejorar.

### Aplicación de la fase Mejorar

Para la fase de mejora se aplicará otra herramienta, la lluvia de ideas para identificar acciones de mejora, oportunidades para solucionar la variabilidad del peso del producto, lo que implica realizar el listado de posibles soluciones.

Dentro de las propuestas primarias que surgen por medio de la lluvia de ideas son:

- Mejorar el programa de capacitación de uso de equipos y máquinas
- Actualizar el plan de mantenimiento de equipos y máquinas
- Realizar actividades de limpieza y orden.

- Realizar el estudio de tiempos de producción
- Analizar los niveles de productividad
- Mejorar los protocolos de calibración de las máquinas
- Actualizar el plan de control de calidad
- Renovar máquina envasadora.

Estas actividades se han de ejecutar de manera progresiva, para ello se debe determinar un análisis de criterios para establecer el orden de aplicación de cada una de ellas, dicho criterios parte desde la facilidad de aplicación, el impacto que tendrá en el proceso y el problema, la mejora que se quiere alcanzar, la rapidez de aplicación, los costos que involucrarán, entre otros.

Tabla N°03. Priorización de alternativas.

| Oportunidad de mejora                                            | Facilidad | Impacto | Rapidez | Mejora | Menos Costoso | Promedio |
|------------------------------------------------------------------|-----------|---------|---------|--------|---------------|----------|
| Mejorar el programa de capacitación de uso de equipos y máquinas | 4         | 4       | 5       | 4      | 3             | 4        |
| Actualizar el plan de mantenimiento de equipos y máquinas        | 4         | 4       | 4       | 5      | 5             | 4.4      |
| Realizar actividades de limpieza y orden.                        | 4         | 5       | 3       | 4      | 4             | 4        |
| Realizar el estudio de tiempos de producción                     | 4         | 3       | 4       | 5      | 5             | 4.2      |
| Analizar los niveles de productividad                            | 4         | 4       | 3       | 3      | 4             | 3.6      |
| Mejorar los protocolos de calibración de las máquinas            | 4         | 4       | 5       | 4      | 4             | 4.2      |
| Actualizar el plan de control de calidad                         | 4         | 4       | 5       | 5      | 4             | 4.4      |
| Renovar máquina envasadora.                                      | 3         | 4       | 5       | 3      | 4             | 3.8      |

Fuente: Los Autores

La tabla N°03, propone el orden de aplicación de las mejoras, esto resultado del promedio de aplicación donde 5 es nivel más alto y va disminuyen según el margen de mejora hasta 1, que es el valor más bajo, siendo las actividades importantes a priorizar realizar la actualización del mantenimiento de equipos, realizar el mantenimiento junto con el orden y limpieza, realizar un estudio de tiempo, actualizar los planes de calidad y mejorar los procedimientos de calibración.

Tabla N°04. Cronogramas de aplicación de alternativas.

| Oportunidad de mejora                                            | Semana |   |   |   | Semana |   |   |   | Responsable                  |
|------------------------------------------------------------------|--------|---|---|---|--------|---|---|---|------------------------------|
|                                                                  | 1      | 2 | 3 | 4 | 1      | 2 | 3 | 4 |                              |
| Mejorar el programa de capacitación de uso de equipos y máquinas |        | X | X |   |        |   | X | X | Jefe de producción           |
| Actualizar el plan de mantenimiento de equipos y máquinas        | X      |   |   |   |        |   |   |   | Jefe de mantenimiento        |
| Realizar actividades de limpieza y orden.                        | X      | X | X | X | X      | X | X | X | Jefe de producción           |
| Realizar el estudio de tiempos de producción                     | X      |   |   | X | X      |   |   | X | Jefe de producción           |
| Analizar los niveles de productividad                            |        |   |   | X |        |   |   | X | Jefe de producción           |
| Mejorar los protocolos de calibración de las máquinas            | X      |   |   |   | X      |   |   |   | Jefe de control de calidad   |
| Actualizar el plan de control de calidad                         | X      |   |   |   | X      |   |   |   | Jefe de control de calidad   |
| Renovar máquina envasadora.                                      |        |   |   |   |        |   |   | X | Jefe de producción/logística |

Fuente: Los Autores

La tabla N°04, propone el orden de aplicación de las mejoras, esto resultado del promedio de aplicación donde 5 es nivel más alto y va disminuyen según el margen de mejora hasta 1, que es el valor más bajo, siendo las actividades importantes a priorizar realizar la actualización del mantenimiento de equipos, realizar el mantenimiento junto con el orden y limpieza, realizar un estudio de tiempo, actualizar los planes de calidad y mejorar los procedimientos de calibración.

#### **Aplicación de la fase 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

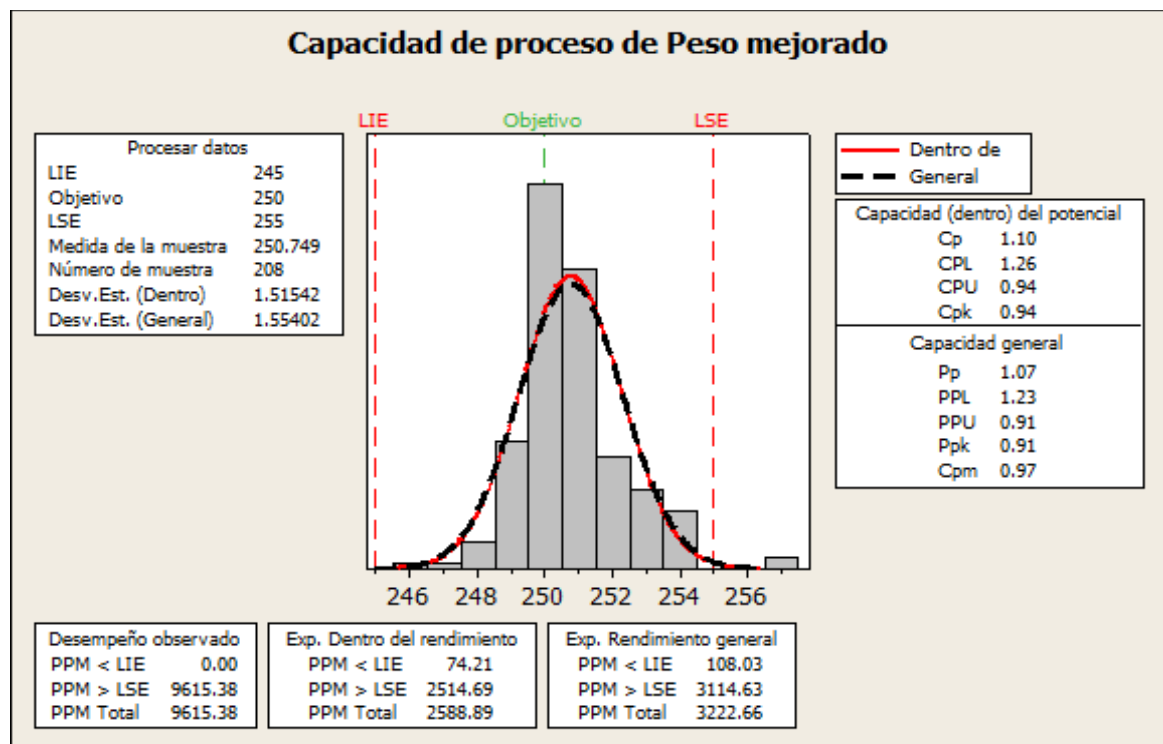
| N° | Subgrupos |       |       |       | Rango (R) | Media (X) |
|----|-----------|-------|-------|-------|-----------|-----------|
|    | 1         | 2     | 3     | 4     |           |           |
| 1  | 250.2     | 250.1 | 250.2 | 249.5 | 0.7       | 250.0     |
| 2  | 252.3     | 251.3 | 250.3 | 249.8 | 2.5       | 250.9     |
| 3  | 248.6     | 249.8 | 250.3 | 251.6 | 3.0       | 250.1     |
| 4  | 250.6     | 250.9 | 250.8 | 253.6 | 3.0       | 251.5     |
| 5  | 250.4     | 249.9 | 248.6 | 250.4 | 1.8       | 249.8     |
| 6  | 248.9     | 252.3 | 253.2 | 250.9 | 4.3       | 251.3     |
| 7  | 250.3     | 250.2 | 250.1 | 250.9 | 0.8       | 250.4     |
| 8  | 250.3     | 251.3 | 252.3 | 250.3 | 2.0       | 251.1     |
| 9  | 249.8     | 248.9 | 248.9 | 250.7 | 1.8       | 249.6     |
| 10 | 250.3     | 250.3 | 250.6 | 250.1 | 0.5       | 250.3     |
| 11 | 250.2     | 249.9 | 247.8 | 248.9 | 2.4       | 249.2     |
| 12 | 249.9     | 256.9 | 250.3 | 250.8 | 7.0       | 252.0     |
| 13 | 248.9     | 246.9 | 248.6 | 250.9 | 4.0       | 248.8     |
| 14 | 250.6     | 253.2 | 250.9 | 250.3 | 2.9       | 251.3     |
| 15 | 251.2     | 250.9 | 250.4 | 251.9 | 1.5       | 251.1     |
| 16 | 251.3     | 249.5 | 251.3 | 250.9 | 1.8       | 250.8     |
| 17 | 251.4     | 250.3 | 250.9 | 250.4 | 1.1       | 250.8     |
| 18 | 251.3     | 248.7 | 249.8 | 250.9 | 2.6       | 250.2     |
| 19 | 250.6     | 249.6 | 248.9 | 250.8 | 1.9       | 250.0     |
| 20 | 253.2     | 248.5 | 248.5 | 253.6 | 5.1       | 251.0     |
| 21 | 251.3     | 250.6 | 250.9 | 251.1 | 0.7       | 251.0     |
| 22 | 248.9     | 250.1 | 251.6 | 253.6 | 4.7       | 251.1     |
| 23 | 248.9     | 250.9 | 245.6 | 256.6 | 11.0      | 250.5     |
| 24 | 249.9     | 248.9 | 250.6 | 251.6 | 2.7       | 250.3     |
| 25 | 250.9     | 250.6 | 251.6 | 253.6 | 3.0       | 251.7     |
| 26 | 253.6     | 250.6 | 250.5 | 253.6 | 3.1       | 252.1     |
| 27 | 250.6     | 250.9 | 248.9 | 247.9 | 3.0       | 249.6     |
| 28 | 249.8     | 253.6 | 250.3 | 250.6 | 3.8       | 251.1     |
| 29 | 251.2     | 253.2 | 252.2 | 250.1 | 3.1       | 251.7     |
| 30 | 249.8     | 253.2 | 251.8 | 253.6 | 3.8       | 252.1     |
| 31 | 251.3     | 253.6 | 249.8 | 252.3 | 3.8       | 251.8     |
| 32 | 250.2     | 251.2 | 250.6 | 251.1 | 1.0       | 250.8     |
| 33 | 253.2     | 250.8 | 253.2 | 250.3 | 2.9       | 251.9     |
| 34 | 250.1     | 252.6 | 251.3 | 253.2 | 3.1       | 251.8     |
| 35 | 251.3     | 249.6 | 250.3 | 249.5 | 1.8       | 250.2     |
| 36 | 251.3     | 252.3 | 250.1 | 250.3 | 2.2       | 251.0     |
| 37 | 253.2     | 250.3 | 253.2 | 250.1 | 3.1       | 251.7     |
| 38 | 251.1     | 250.3 | 252.3 | 250.3 | 2.0       | 251.0     |
| 39 | 250.3     | 250.1 | 250.3 | 252.3 | 2.2       | 250.8     |
| 40 | 248.9     | 249.5 | 250.3 | 252.1 | 3.2       | 250.2     |
| 41 | 251.8     | 249.8 | 249.5 | 249.8 | 2.3       | 250.2     |
| 42 | 250.3     | 251.3 | 251.3 | 250.3 | 1.0       | 250.8     |

|          |       |       |       |       |     |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| 43       | 251.2 | 250.9 | 251.2 | 252.3 | 1.4 | 251.4 |
| 44       | 249.5 | 248.6 | 248.3 | 249.3 | 1.2 | 248.9 |
| 45       | 249.8 | 248.7 | 248.6 | 248.9 | 1.2 | 249.0 |
| 46       | 248.2 | 253.2 | 250.3 | 251.6 | 5.0 | 250.8 |
| 47       | 251.6 | 253.2 | 250.3 | 253.6 | 3.3 | 252.2 |
| 48       | 249.6 | 249.8 | 248.2 | 251.6 | 3.4 | 249.8 |
| 49       | 248.9 | 249.8 | 250.9 | 250.3 | 2.0 | 250.0 |
| 50       | 251.2 | 250.3 | 253.2 | 250.6 | 2.9 | 251.3 |
| 51       | 248.9 | 250.3 | 252.1 | 253.1 | 4.2 | 251.1 |
| 52       | 250.3 | 251.3 | 250.3 | 254.2 | 3.9 | 251.5 |
| Promedio |       |       |       | 2.8   |     | 250.7 |

Fuente: Los Autores

De la tabla N°05, se observa un promedio de rango de 2.8 gramos, en tanto, se tiene una media de 250.7 gramos, se tiene una ligera reducción de la cantidad de producto entregado al cliente, siendo la variación menor a un gramo.

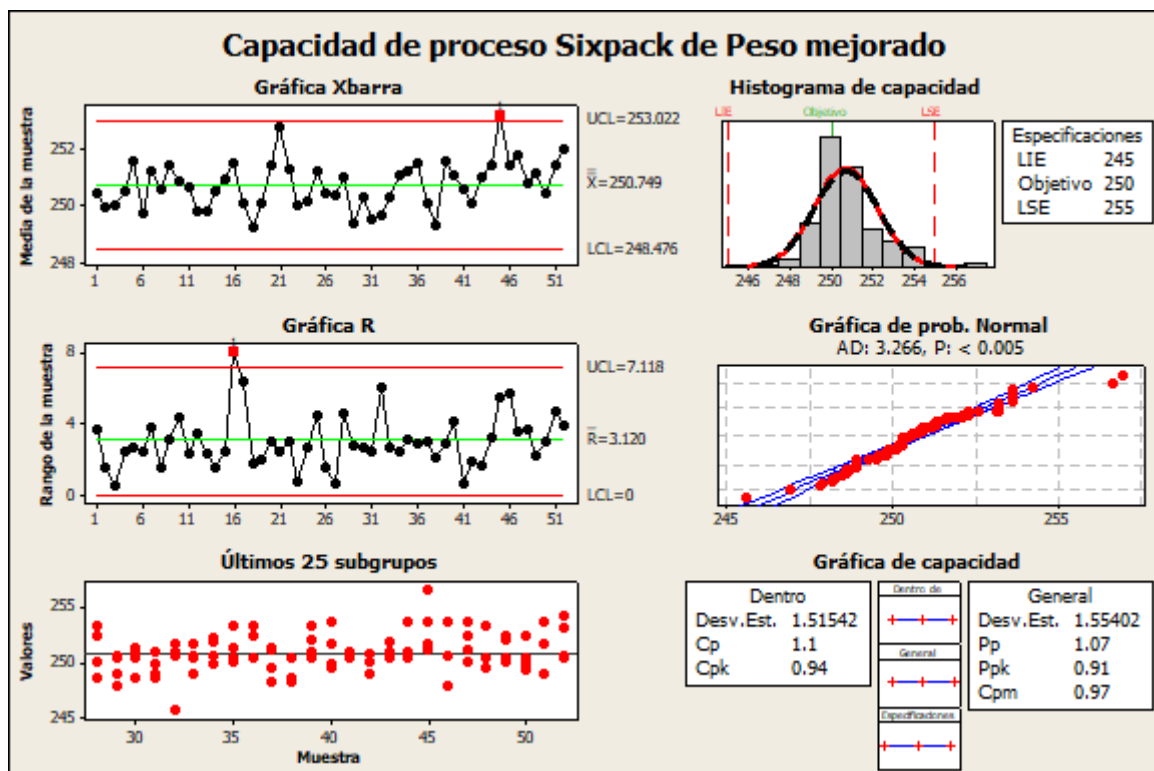
Figura N°06. Capacidad del proceso después de aplicado DMAIC



Fuente: Los Autores

De la Figura N°06, se puede identificar un índice de capacidad de proceso de 1.10, el proceso tiende a ser más centrado al objetivo de 250 gramos, se tiene una media de 250.749 gramos, es decir, se está entregando el producto al cliente con el peso casi exacto, siendo la desviación en promedio menor a un gramo.

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



Fuente: Los Autores

De la Figura N°07, se aprecia las gráficas de media de la muestra, cabe resaltar que se tiene los datos observado dentro de los límites establecidos, existe un rango fuera del límite superior, lo mismo que en el caso de la primera mediciones, y se encuentra mucha dispersión en la gráfica de valores, solo que se ha reducido el rango o amplitud de variación, en el histograma no se aprecia la normalidad de las mediciones, el cual se corrobora con la prueba de p-valor que es menor a 0.005, es decir, aún los valores no tienen a formal la normalidad correspondiente, lo que hace precisar que no existe normalidad. Con respecto a la capacidad se ha incrementado hasta 1.07 en general y una desviación estándar de 1.554 siendo un valor menor al caso de la primera medición.

## CONCLUSIONES

La metodología DMAIC ofrece varias ventajas en su aplicación, ya que permite identificar el problema general de trabajo, a ello se añade problemas secundarios, también permite lograr la motivación en el logro de resultados más cercanos a los objetivos, permite incrementar la calidad ofrecida al cliente, del mismo modo, permite minimizar o en el mejor de los casos eliminar las

causas raíces, para el caso de estudio de Agroandina Puno SAC, ha permitido mejorar y actualizar el plan de mantenimiento.

Los problemas de variación de un parámetro dentro del proceso, se da en cualquier empresa, es por ello que se debe aplicar estadística a fin de limitar los parámetros y umbrales, establecer margen de error permisibles en la producción, es importante aplicar herramientas de calidad y el manejo de paquetes estadísticos para el mejor procesamiento de resultados.

Se ha logrado identificar actividades y cronogramas que permiten reducir la variabilidad del peso del producto en estudio, dichas actividades parten desde la mejorar del mantenimiento, capacitación de personal, modificación de técnicas y procedimientos de trabajo, hasta la renovación de equipos y máquinas, lo que ha permitido incrementar la capacidad del proceso.

#### **LISTA DE REFERENCIAS**

Barrera, K. (2022). *Mejora de proceso de fabricación de piezas en empresa Flowserve Chile Spa.*

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/54040/3560900267276UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bernardo, K., & Paredes, J. (2016). Aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar el proceso de registro de matrícula, en la Universidad Autónoma del Perú. *Universidad Autónoma Del Perú*, 277.

<https://repositorio.autonoma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13067/339/BernardoHerrera%2CKatherine%3BParedesVilcamisa%2CJannifer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carrillo, M. S., Vargas-ortiz, L. E., & Peralta-ordosgoitia, I. J. T. (2022). Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 3148–3163.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i2.2081](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.2081)

Cortez, D. (2019). *Propuesta de un sistema de mejora continua en el proceso de producción de fundas genéricas, aplicando la metodología DMAIC.*  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21508/1/MSQ236.pdf>

Cuartas, D., & Zemanate, E. (2016). *Aplicación de la metodología seis sigma con la estrategia*

*DMAIC para el mejoramiento de procesos en la unidad de cuidados intensivos de recién nacidos de centro médico Imbanaco.*

[https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1000/APLICACIÓN\\_METODOLOGÍA\\_SEIS\\_SIGMA ESTRATEGIA\\_DMAIC\\_PARA\\_MEJORAMIENTO\\_PROCESOS\\_UNIDAD\\_CUIDADOS.pdf](https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1000/APLICACIÓN_METODOLOGÍA_SEIS_SIGMA ESTRATEGIA_DMAIC_PARA_MEJORAMIENTO_PROCESOS_UNIDAD_CUIDADOS.pdf)

Cueva, A., & Quijano, D. (2020). *Aplicación de herramientas de mejora continua para el incremento de la productividad en la empresa China Wok, Sucursal de Chiclayo, 2020.*  
[https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/9885/Cueva Pueasca Ana %26 Espinoza Quijano Diana.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/9885/Cueva_Pueasca_Ana%26EspinozaQuijanoDiana.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Díaz, J., & Dioses, K. (2022). *Implementación de la metodología DMAIC para mejora la productividad de la empresa Motor Gas Company S.A.*  
[https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32218/Diaz Lobo Jhon Antonio - Dioses Campos Kraemer Jackson-Parcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32218/Diaz_Lobo_Jhon_Antonio_-_Dioses_Campos_Kraemer_Jackson-Parcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

García, H., Campos, J., Cervantes, M., & Romero, M. (2019). Implementación de las etapas Definir y Medir de la metodología DMAMC en una línea de producción. *Revista de Ingeniería Industrial*, 3(8), 14–20. <https://doi.org/10.35429/jie.2019.8.3.14.20>

Gómez, C. (2019). *Guía metodológica para la aplicación de Lean Six Sigma en los procesos de fabricación de plásticos en multinacionales colombianas.*  
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7502/1/168166-2019-II-GC.pdf>

Guzmán, R. (2018). *Aplicación de metodología DMAIC para la reducción de pérdidas y mejora de procesos en industria manufacturera de neumáticos.*  
<https://repositorio.usm.cl/handle/11673/49197>

Ibarra, C., & Berrazueta, G. (2019). *Aplicación de la metodología DMAIC en empresa textil con enfoque en reducción de costos.* 92.  
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8174/1/142061.pdf>

Leon, N. F., & Giraldo, G. (2019). *Propuesta de mejora de procesos en la atención de pedidos en un Marketplace bajo el enfoque DMAIC.* 1–130.  
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2824>

- Narvaez, G. (2019). *Aplicación de un modelo de mejoramiento de la productividad basado en Lean Six Sigma a la empresa D'Max Sport S.A.S. fabricante de calzado*.  
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10922/T08457.pdf;jsessionid=0E759230582CDC007699CCE540D29AB2?sequence=5>
- Navarro, L., Tovar-Vásquez, A. Y., & Rivera-Mojica, D. (2020). Aplicación de metodología DMAIC en el proceso productivo de fabricación de ladrillo artesanal Application of DMAIC methodology in the production process of artisan brick making. *Junio*, 4(10), 1–10.  
<https://doi.org/10.35429/JTIP.2020.10.4.1.1>
- Nina, G. (2020). *Metodología DMAIC aplicado al proceso de alta hospitalaria para reducir tiempos en una clínica de Jesús María*. <https://repositorio.usil.edu.pe/bitstreams/b6ca904c-99b0-482b-98db-b299c38a98bf/download>
- Ocampo, J., & Pavón, A. (2012). Integrando la Metodologia DMAIC de Seis Sigma con la Simulacion de Eventos Discretos en Flexsim. *LACCEI: Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 1–10. <http://www.laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>
- Ortega, M., Dilas, J., & Díaz, J. (2022). *Aplicación de herramientas de gestión de la calidad para la mejora de proceso de venta. Caso de una empresa peruana*.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8754467>
- Pérez, L., Pérez, J., García, L., & Gómez, P. (2020). *Aplicación de metodología DMAIC en la resolución de problemas de calidad*. 10(19), 55–66.  
<https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/download/508/551>
- Segura, G. (2017). *Propuesta de aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma en el proceso de limpieza de las habitaciones de un hotel*. 100.  
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/49438/SeguraJuarezGaudencio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sirlupu, J. D. (2020). *Aplicación de herramientas Lean y DMAIC para mejoras en el segmento Drilling and Measurements de Schlumberger del Perú S.A*.  
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4485?locale-attribute=en>

- Varas, C. (2010). *Aplicación de Metodología DMAIC para la Mejora de Procesos y Reducción de Pérdidas en las Etapas de Fabricación de Chocolate [Tesis de Ingeniería]*. 86.  
[http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111645/varas\\_ca.PDF?se](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111645/varas_ca.PDF?se)
- Yepes, C. (2021). Aplicación de la herramienta Six Sigma en la mejora de los procesos. *Frontiers in Neuroscience*, 14(1), 1–13.  
[http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5319/1/Yepes\\_2021\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5319/1/Yepes_2021_TG.pdf)