

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA UN ENFOQUE DEL SISTEMA SIX SIGMA



Maxgabriel Alexis Calla Huayapa
Juan Wilbert Farfan Casapino
Ricardo Aníbal Maldonado Mamani
Carlos Manuel Rodríguez San Román
Germán Alex Vizcarra Ugarte

EDITORIAL

CICI

CENTRO DE INVESTIGACIONES
Y CAPACITACIONES
INTERDISCIPLINARES

ISBN 978-628-96479-0-7

Autor Principales y Compiladores


Maxgabriel Alexis Calla Huayapa

*Doctor en ciencias e ingeniería civil
ambiental*

Universidad Nacional de Juliaca

Docente Universitario

maxgabriel.calla@pucp.edu.pe

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


Juan Wilbert Farfan Casapino

Magister en Administración

Universidad Nacional de Juliaca

Docente Universitario

juanwfarfancasapino@gmail.com

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

Ricardo Aníbal Maldonado Mamani

Doctor en ingeniería ambiental

Universidad Andina Néstor Cáceres

Velásquez

Docente Universitario

maldonadomamani.r@gmail.com

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


Carlos Manuel Rodríguez San Román

Escuela de Educación Superior Toulouse

Lautrec

Docente Universitario

crodriguez@tls.edu.pe

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

Germán Alex Vizcarra Ugarte

*Maestro en administración de negocios y
emprendimiento*

Universidad Peruana Unión

Docente Universitario

germanalexvizcarra4@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8124-5373>

CICI | **CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CAPACITACIONES INTERDISCIPLINARES**

Alain Fitzgerald Castro Alfaro: Editor

2024 –Optimización de procesos productivos en la industria alimentaria: un enfoque del sistema six sigma

Autor: Maxgabriel Alexis Calla Huayapa, Juan Wilbert Farfan Casapino, Ricardo Aníbal Maldonado Mamani, Carlos Manuel Rodríguez San Román, Germán Alex Vizcarra Ugarte.

ISBN Versión Digital: 978-628-96479-0-7

Editorial Centro de Investigaciones y Capacitaciones Interdisciplinarias SAS – CICI

Coordinadora: Nora González Pérez –Cartagena –Colombia

Portada: Daira Castilla

Diagramación: Luis Fernando Solar

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Cartagena –Colombia, Agosto de 2024

Optimización de procesos productivos en la industria alimentaria: un enfoque del sistema Six Sigma

Maxgabriel Alexis Calla Huayapa

Juan Wilbert Farfan Casapino

Ricardo Aníbal Maldonado Mamani

Carlos Manuel Rodríguez San Román

Germán Alex Vizcarra Ugarte

Colombia

Latinoamérica

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	10
2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	12
2.1. Situación del Problema	12
2.2. Formulación del Problema	13
2.3. Objetivos de investigación	14
2.4. Justificación de investigación.....	15
2.5. Hipótesis de investigación.....	15
2.6. Antecedentes	16
3. MARCO TEORICO.....	26
3.1. Introducción a la Metodología DMAIC.....	26
3.4. Contexto de la aplicación de la metodología DMAIC.....	29
3.5. Fases de la metodología DMAIC.....	33
3.6. Objetivos de cada etapa de la Metodología DMAIC	34
3.7. Beneficios de la aplicación de la Metodología DMAIC	35
3.8. Herramientas aplicadas en las etapas de la metodología DMAIC	35
4. METODOLOGÍA	47
4.1. Enfoque.....	47
4.2. Tipo.....	47
4.3. Nivel.....	47
4.4. Diseño	47
4.5. Población y muestra.....	47
4.6. Técnicas e instrumentos	48
5. RESUSLTADOS	50
5.2. Aplicación de la metodología DMAIC	54
5.3. Conclusiones	85
5.4. Recomendaciones	86
5.5. Referencias bibliográficas.....	86

RESUMEN

El presente estudio está basado en la optimización de procesos productivos dentro de la industria alimentaria, en un enfoque inicial de la metodología Six Sigma, basándose en la aplicación de la metodología DMAIC en la mejora de procesos productivos. El producto en estudio es quinua perlada envasada por Agroandina Puno SAC, empresa peruana, dedicada al procesamiento de granos andinos, en este caso tomando de referencia su presentación de 1 kg, siendo la quinua perlada, un cereal de la región de alto valor nutricional y con un beneficio importante para la salud. La quinua perlada pasa por una serie de procesos estandarizados que empiezan en la recepción de materia prima hasta los procesos de envasado y despacho. La metodología DMAIC permite analizar un tema a profundidad por medio sus etapas que constan desde la fase de definir sobre el problemas y las necesidades de calidad, etapa de medición implica establecer las características del proceso actual y la medición de variabilidades, la fase de analizar que implica conocer las causas del problema de variabilidad y los factores que afectan a la calidad, la fase de mejorar, permite aplicar mejoras que tiene efecto a largo plazo y por último la fase de control que permite el seguimiento y aseguramiento de las mejoras propuestas, esto por medio de un sistema de control adecuado.

Palabras claves: Metodología DMAIC, procesos, alimentos, quinua, mejora

ABSTRACT

This study is based on the optimization of production processes within the food industry, in an initial approach of the Six Sigma methodology, based on the application of the DMAIC methodology in the improvement of production processes. The product under study is pearled quinoa packaged by Agroandina Puno SAC, a Peruvian company dedicated to the processing of Andean grains, in this case taking as a reference its 1 kg presentation, being pearled quinoa, a cereal of the region of high nutritional value and with an important health benefit. Pearled quinoa goes through a series of standardized processes that begin with the reception of raw material up to the packaging and

dispatch processes. The DMAIC methodology allows to analyze a subject in depth by means of its stages that consist from the phase of defining the problems and quality needs, measurement stage involves establishing the characteristics of the current process and the measurement of variability, the analysis phase involves knowing the causes of the variability problem and the factors that affect quality, the improvement phase allows to apply improvements that have long-term effect and finally the control phase that allows the monitoring and assurance of the proposed improvements, this by means of an appropriate control system.

Keywords: DMAIC methodology, processes, food, quinoa, improvement.

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El procesamiento de productos dentro de la industria alimentaria ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por la creciente demanda de alimentos nutritivos y saludables. Un ejemplo destacado de este fenómeno es la quinua perlada, un cereal de alto valor nutritivo que ha ganado popularidad en el mercado debido a sus múltiples beneficios para la salud. A medida que la demanda de quinua perlada aumenta, las empresas alimentarias se enfrentan al desafío de optimizar sus procesos de producción para mejorar el rendimiento y mantener la calidad del producto, además contiene sus múltiples beneficios para la salud. Su demanda se ha incrementado, por ello las empresas de alimentos, han optado por su industrialización, buscando procesos con mejor rendimiento. Dentro de estas mejoras se pueden aplicar variedad de herramientas, siendo una de ellas la metodología DMAIC (Salvador, 2014), el cual consta de etapas de trabajo, como la definir del problema a analizar, la medición de las variabilidades, el análisis de las causas que producen las variaciones, el proceso de aplicación de las mejoras y el método de control y seguimiento, al aplicar DMAIC en el contexto de Six Sigma, las empresas alimentarias pueden lograr una mejora significativa en sus procesos productivos, asegurando no solo el cumplimiento de las demandas del mercado, sino también un fortalecimiento de su posición competitiva en la industria.

Capítulo II

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

2.1. Situación del Problema

Dentro del contexto internacional, el sector de la producción de alimentos, las empresas han presentado normativas estrictas sobre la exportación y el etiquetado, lo cual requiere de precisión exacta en lo referente al peso del producto, siendo ello un problema frecuente en las organizaciones (Espinosa, 2023), otro problema recurrente es la inconsistencia en la calidad del producto, ya que las exigencias del mercado a nivel internacional es la demanda de la calidad uniforme, siendo ello un limitante para el acceso a mercados clave (Castro et al., 2021).

Ramírez (2019), menciona que dentro del contexto de Latinoamérica, la industria de alimentos presenta casos de aplicación de diversas técnicas y herramientas de calidad dentro de sus procesos, estos implementados con fines de reducción de costos, reducción de desperdicios, mejora de rentabilidad, incremento de ganancias, lo que implica invertir en conocimiento, mejora gestión de talento humano, establecer la cultura de calidad, compromiso de los colaboradores con el fin de lograr un espacio dentro del mercado y establecer diferencias competitivas con respecto a los competidores.

Dentro del contexto nacional, la variabilidad de peso, genera el incumplimiento de los estándares de calidad nacional, lo cual afecta a la imagen de las organizaciones, otro problema latente es lo referente a la calidad, el cual influye bastante en obtención de certificados y el prestigio como empresa, además la falta de calidad y la falta de cumplimiento de estándares hace difícil competir con productos que son importados desde el exterior.

Huamaní (2018), menciona que un problema frecuente en el procesamiento de quinua son los cuellos de botella en el proceso de secado, más aún si se hace de forma tradicional, puesto que causa contaminación, tiene probabilidad de que se genere polvo, riesgos ambientales como lluvias repentinas y que se malogren los granos.

Dentro del contexto local, las empresas del sector alimentos tienen varias fluctuaciones en el peso de sus productos, lo que les genera problemas de calidad, a la vez

genera desconfianza por parte de los clientes y consumidores, lo cual afecta la fidelización del cliente.

La empresa Agroandina Puno SAC, es una organización dedicada al procesamiento de quinua perlada, dentro de sus actividades se ha encontrado con varios problemas desde la variabilidad de peso que implica no respetar los estándares establecido de calidad, esto debido a problemas de calibración dentro de las máquinas, además de algunas inconsistencias en las actividades del trabajo, todo ello genera insatisfacción en el usuario y consumidor final, lo cual genera pérdidas económicas para la empresa y afectación de la reputación de la empresa, por ello es importante considerar la identificación de las causas raíces, así como las variabilidades que se producen, para ello se deben de aplicar las mejoras efectivas.

2.2. Formulación del Problema

Entonces, para la resolución de problemas es importante sectorizarlos, para ello se deben formular algunas preguntas como:

- ¿Cómo es el impacto de la aplicación de la metodología DMAIC en los procesos operativos de la empresa Agroandina Puno SAC?
- ¿Cuál es el problema principal que se debe definir para el análisis de la metodología DMAIC?
- ¿Cuáles son los parámetros de medición del proceso actual y las variabilidades?
- ¿Cuáles son los datos e información para analizar las causas raíces del problema definido?
- ¿Cuáles son las mejoras y las soluciones para la mejora de procesos dentro de la empresa?
- ¿Cuáles son los procesos de control y seguimiento de las mejoras implementadas

Entonces, Aizaga & Arreaga (2021) con fines de reducir los problemas de variabilidad y el análisis del proceso, Se ha centrado en la aplicación de la metodología DMAIC, el cual se enfoca en la mejora de los procesos, mediante la eliminación de las

causas que generan deficiente, lo que implica mejorar los niveles de rendimiento en el proceso.

Carrión (2021), los planes de mantenimiento están diseñados para lograr la mayor disponibilidad en equipos y máquinas, los planes de mantenimiento, se centran en las actividades propias de la mantenimiento, centrado en las operaciones, también involucra mucho a la persona encargada, así como el tiempo de ejecución y los correspondientes tiempos de reparación (Romero, 2010).

La aplicación y desarrollo de máquinas y automatización para la mejora de procesos esto para agilizar el proceso y tener resultados estandarizados, puesto que estas innovaciones permiten controlar el peso y la velocidad del sistema productivo, el uso de sensores y la automatización cada día cobra mayor importancia en la industria de alimentos, lo hace que sea más eficiente y tenga mejor uso como tecnología e innovación (Ceballos et al., 2022).

La etapa de mejorar implica un paso donde el problema se ha identificado, así como sus soluciones, para ello se establecen las estrategias de acción, el cual puede apoyarse por medio de un plan de acción, en el cual se establece la propuesta, el objetivo, el responsable, los participantes y la fecha, a la vez puede establecerse un indicador para su medición, con el fin de ver el avance de ese objetivo (Horna & Patiño, 2017).

2.3. Objetivos de investigación

En tanto el objetivo del presente estudio se basa en responder a las preguntas establecidas en la definición del problema.

- Determinar el impacto de la aplicación de la metodología DMAIC en los procesos operativos de la empresa Agroandina Puno SAC
- Definir el problema principal para el análisis de la metodología DMAIC
- Medir los parámetros del proceso actual e identificar las variabilidades
- Analizar los datos y la información recolectada para determinar las causas raíces del problema

- Mejorar el proceso mediante la aplicación de mejoras de los procesos.
- Controlar los procesos ajustados y asegurar su mantenimiento a largo plazo mediante sistemas de control y seguimiento.

2.4. Justificación de investigación

La aplicación de la metodología DMAIC dentro de los procesos de envasado de quinua perlada permite generar valor agregado y muchas ventajas importantes. Siendo una de ellas lograr un proceso con un enfoque más estructurado, el cual permite analizar y mejorar las actividades, siendo estas mejoras más sostenibles a largo plazo. Esto a la vez permite reducir el nivel de variabilidades del producto final, lo cual mejora la calidad del producto, con ello, las empresas logran cumplir con las estandarizaciones y las regulaciones dentro de la industria de alimentos, además de reducir sus pérdidas económicas, lo cual implica tener clientes satisfechos con el producto y la empresa. Entonces, la aplicación de DMAIC permite a las empresas genera una cultura de mejora continua, que permite mejorar las capacidades del personal, lo que a la vez permite genera una mentalidad en la mejora continua de sus procesos.

El lograr un peso ideal en un producto, según Toledo (2011), permite tener ventajas para la empresa en el incremento de la eficacia de la línea de producción y de la mejora de productividad de las operaciones, esto hace que se reduzca los costes de fallos y el sobrellenado de producto, de la misma manera se genera prevención en la protección de retirado de producto y la reclamación en algunos casos, genera mejor confianza con los minoristas y socios comerciales, genera una protección hacia la marca, se puede lograr certificaciones y homologaciones

2.5. Hipótesis de investigación

Las hipótesis de investigación se centran en base a los objetivos y la formulación de las preguntas de investigación realizada en la formulación del problema, siendo ellas:

- La aplicación de la metodología DMAIC tiene un efecto positivo en los procesos operativos de la empresa Agroandina Puno SAC

- Definir el problema principal tiene un efecto positivo en el análisis de la metodología DMAIC
- Medir los parámetros del proceso actual e identificar las variabilidades tiene un efecto positivo en el análisis de la metodología DMAIC
- Analizar los datos y la información recolectada para determinar las causas raíces del problema tiene un efecto positivo en el análisis de la metodología DMAIC
- Mejorar el proceso mediante la aplicación de mejoras de los procesos tiene un efecto positivo en el análisis de la metodología DMAIC.
- Controlar los procesos ajustados y asegurar su mantenimiento a largo plazo mediante sistemas de control y seguimiento tiene un efecto positivo en el análisis de la metodología DMAIC.

2.6. Antecedentes

En el estudio de Aguirre (2019), realiza un estudio sobre el uso de herramientas de calidad para la reducción de costos, mejoramiento de la productividad, así como la reducción de defectos, esto por medio de la aplicación de la metodología DMAIC, siendo sus pasos la definición del problema, la medición de las características, el análisis de las causas de los problemas, la mejora y aplicación de herramientas de atención de las causas y el control de los resultados, cada etapa tiene sus respectivas herramientas, siendo sus herramientas utilizadas para cada etapa:

Definir: Diagrama SIPOC, flujogramas y Voc de cliente

Medir: Índice de la capacidad del proceso (C_p), Índice de capacidad (C_{pk}), estudio de Repetitividad & Reproducibilidad.

Analizar: Diagramas de Ishikawa, Diagrama de Pareto.

Mejorar: Diseño de experimentos, Hoja de datos.

Controlar: Gráficas de control, Gráfica de control de variables, Hoja de verificación.

Entonces, con ello se ha tenido la identificación de las variables de análisis como el tiempo, temperatura, velocidad y enfriamiento, dentro del proceso de inyección, de los cuales se han tenido un 4.87% de defectos, con la aplicación de DMAIC, se ha logrado reducir el nivel de defectos a 1.29%, para mantener estos resultados se ha tenido el control y seguimiento por medio de programas de capacitaciones.

En el estudio desarrollado por Pozo (2019), sobre la aplicación de DMAIC, el cual consta de cinco fases que son definir, medir, analizar, mejorar y controlar, esto para el proceso de producción de láminas de madera plástica que naturaleza reciclada. Además de que ha tenido un análisis inicial de sus procesos con tiempos de producción de 214.3 minutos y coeficiente de $C_p=0.91$, $C_{pm}=0.56$ y $C_{pk}=0.46$, siendo esto resultados de capacidad no adecuada para un proceso, por medio de análisis de las causas se han logrado resolver y determinar las oportunidades de mejora, como la mejora de método de trabajo, la capacitación, el mantenimiento, además se ha determinado el uso de herramientas como por etapa como:

- Fase Definir: Diagrama de SIPOC, Voz del cliente, Diagrama de flujo de proceso, medición del trabajo, estudio de tiempo y estandarización, graficas de corrida, diagrama de Gantt.
- Fase Medir: Capacidad de proceso, medidas de tendencia central, media muestral, mediana, moda, medidas de variabilidad, dispersión, desviación estándar, índice de capacidad C_p , C_{pm} y C_{pk} y gráfica de Taguchi.
- Fase Analizar: Los cinco porque (5W), diagrama de causa y efecto.
- Fase Mejorar: Lluvia de ideas.
- Fase Controlar: Gráfica de control.

Esto para lograr un tiempo ciclo mejorado de 173.4 minutos, siendo una reducción del 19%, con índices de capacidad de $C_p=1.09$, $C_{pm}=0.99$ y $C_{pk}=1.04$

En el estudio realizado por Angamarca (2019), en el cual se ha aplicado la metodología DMAIC con el fin de mejorar los procesos de producción de sacos de lana. Siendo este un proceso lleno de actividades repetitivas que generan variabilidad y se producen fallas, esto genera inconformidades y la falta de satisfacción por parte de los clientes, lo que reduce la demanda de los productos. Dentro de sus herramientas utilizadas para cada fase se tienen:

- Fase de Definir: Voz del cliente, matriz de priorización, matriz de síntesis, lluvia de ideas, Herramienta Critical Toflowdown, Características CTX.
- Fase de Medir: Estudio de productividad, muestreo de producción, Estimación de índices de capacidad, cartas de control, carta XR.
- Fase de Analizar: Diagrama de Pareto, estratificación, Diagrama de Ishikawa, Diagrama QFD, matriz AMFE.
- Fase de Mejorar: Aplicación de procedimientos en proceso de producción y mejor control de calidad.
- Fase de Controlar: Determinación de índice de capacidad.

En el estudio desarrollado por Córdova (2020), en el cual se ha aplicado las fases de la metodología DMAIC para el tratamiento de problemas sobre la calidad de producto, como son la falta de preparación de máquinas y la falta de estandarización. Dentro de sus herramientas utilizadas en sus fases de tiene:

- Fase Definir: Las actividades de identificación del producto y el tipo de fallas.
- Fase Medir: La medición de productividad, hoja de verificación, aplicación de las gráficas de control para atributos y los índices de capacidad.
- Fase Analizar: La aplicación de diagrama de Ishikawa, y aplicación de Análisis de Modo y Efectos de Fallas (AMFE).
- Fase de mejorar: Aplicación de acciones correctivas como equilibrado de la temperatura en el área de trabajo, aplicación de mantenimiento preventivo y

correctivo, motivación al personal y el cumplimiento de las características de materia prima, ajuste y preparación de máquinas y capacitaciones.

- Fase de controlar: Seguimiento de resultados mediante gráficas de control.

Durante las fases de definir se ha identificado el producto de mayor valor y los tipos de fallos. además de la frecuencia de fallos que es el quiebre de aguja. En la fase de Medir, se ha calculado una productividad de 0.25 docenas por dólar y un nivel de capacidad de 0.11. En la fase de Controlar, se ha identificado y priorizado las causas de los defectos en los productos, en la fase de Analizar, sean aplicado tratamientos y soluciones, como capacitación en la colocación adecuada de agujas, la aplicación de mantenimiento preventivo y correctivo entre otros, los cuales se hacen seguimiento en la fase de Controlar, por medio de gráficas de control, lográndose incrementar el valor de la capacidad Cpk a 1.09, siendo este resultado satisfactorio respecto a los 1.25 recomendado por los estándares de calidad.

Además, ha aplicado controles estadísticos como herramientas de control de control de calidad, para la verificación del cumplimiento de sus procesos, lo cual ha reducido el nivel de defectos a niveles aceptables.

En el estudio desarrollado por Benalcázar (2021), el cual aplica la metodología DMAIC para mejorar el nivel de eficiencia en los procesos de producción en empresa textil, para ello hace un diagnóstico de la empresa esto por medio de las tres primeras etapas de la metodología DMAIC, en la cual definir el problema, realizar las mediciones y analizar las causas, para luego pasar a una etapa de implementación y control en las etapas de Mejorar y Controlar, siendo las herramientas aplicada durante los etapas, las siguientes:

- Fase de Definir: Aplicación de Project Charter, en el hace determinación del proyecto de estudio con los integrantes del equipo de trabajo, el problema y el objetivo a analizar.

- Fase de Medir: Medición de la estabilidad y capacidad de procesos, análisis de la desviación estándar de las medidas de cada elemento textiles que compone el producto final.
- Fase de Analizar: Aplicación de Diagrama de Pareto para el análisis de los procesos de corte, confección y aplicación de Diagrama de Ishikawa para análisis de fallos en el área de corte, tendido de piezas, defectos de costura y variabilidad en las tallas.
- Fase de Mejorar: Aplicación de herramientas de mejora como metodología 5s, programas de capacitación, aplicación de sistema Andón, estandarización del método de trabajo, aplicación de mantenimiento productivo total – TPM.
- Fase de Controlar: Generación de procedimiento y mejoras continuas, aplicación de gráficas de control mediante Minitab

En el estudio desarrollado por Cabezas (2021), el cual ha aplicado la metodología DMAIC en los procesos de producción textil, con el fin de reducir los reprocesos en las confecciones y así incrementar la eficiencia en los procesos. Para ello ha aplicado herramientas y técnicas durante el proceso de aplicación de DMAIC, siendo ellas:

- La fase de Definir: Aplicación de SIPOC para todo el proceso productivo y aplicación de carta del proyecto donde define el equipo de trabajo.
- La fase de Medir: Implica la medición de las características en búsqueda de la causa raíz del problema, para ello usan VSM, mapeo de la cadena de valor, para eliminar los desperdicios.
- La fase de Analizar: Aplicación del diagrama de Pareto para priorizar las causas raíces y la identificación del problema principal, para ello se usa también el diagrama Ishikawa.
- La fase de Mejorar: Aplicación de metodología 5s, uso de SMED, sistema Andon, Balanceo de operaciones, generación del manual de procesos para confección y estampado, determinación del VSM propuesto.

- En la fase de Controlar, se tiene establecido las técnicas de seguimiento y mantenimiento de las mejoras aplicadas, como el control visual y análisis de productividad.

En el estudio realizado por Conterón (2021), en el cual aplica la metodología DMAIC para la mejora y control de las variabilidades del proceso, esto aplicando técnicas de control estadístico.

En la investigación de González & Tejada (2020), trata sobre la aplicación de metodología Six Sigma para la mejora del proceso de pesado, en el cual parte por la definición del problema, la medición del pesado del producto terminado, el análisis de las causas de variabilidad, la aplicación de indicadores de desempeño y su control respectivo.

Dentro de las herramientas utilizadas en las fases de DMAIC se tiene:

- Definir: El uso de proyecto Six Sigma, en el cual define el problema, la ubicación del problema, la temporalidad del problema, los afectados, las características del problema, la identificación de las métricas, la estimación del problema y el costo que involucra ello.
- Medir: En ello se aplica un diagrama del proceso, así como el diagrama SIPOC, con ello definir la variable de medición, la precisión, el tiempo de procesamiento y el peso inicial, para ello se hace un plan de recolección de datos, se realiza un histograma de la información y mediciones correspondientes, las gráficas de control.
- Analizar: En esta fase se analiza los datos obtenidos, se desarrollan las hipótesis de variabilidad, se determina el diagrama de Ishikawa del problema de variabilidad.
- Mejorar, para esta fase se tiene que establecer las causas, las soluciones, el plan de ejecución y los objetivos a los que se quiere lograr, siendo algunas de las soluciones, la aplicación de puntos de control en los procesos de mejora, lo cual se centra en los pesos y la medidas exactas, otra solución es la renovación tecnológica para los procesos, además de la calibración de las balanzas, otra alternativa es la renovación

de los procedimientos de trabajo y mejora del método de trabajo, además de la aplicación de reorganización de las funciones de trabajadores para el proceso de empaquetado.

- Controlar, para esta etapa se debe de considerar generar un plan de control, con el cual se debe de cambiar la tecnología de las herramientas de medición para todos los procesos, la modificación del método de trabajo y la determinación del estándar de trabajo. Entonces para todo ello surge las medidas de control, como son para el pesado de las muestras, el análisis de variabilidad, así como la aplicación de las cartas de control para \bar{X} -S y S, también considera las inspecciones y las verificaciones para los colaboradores, esto aplicando la balanza, realizar las revisiones programas de la disponibilidad y la funcionalidad de las herramientas, además de la aplicación del plan de mantenimiento basado en la prevención de las balanzas, la inspección del cumplimiento de los respectivos procedimientos, la aplicación de las charlas de inicio de actividades, el registro y trazabilidad, el control de pesado de muestras de producto terminado, el análisis de la variabilidad y el control del ciclo de trabajo.

Se tiene como diagnóstico inicial un valor de peso de 0.798kg, con una desviación estándar de 0.00649 kg, además de un rango de variabilidad de 4.1%, con una porción de defectos de 87.3%, lo que implica pertenece a nivel sigma de entre 1.7 y 1.8. Con las implementaciones respectivas, se ha logrado incrementar la media a 0.800kg, con un valor de 0.00178kg para de desviación estándar, además de una variabilidad de 1.63%, se ha reducido a 43% la porción de defectos y se ha mejorado el nivel sigma a un rango de 2.2 y 2.3.

En el estudio de Pérez (2022), en el cual aplica la metodología DMAIC con el fin de mejorar el proceso de producción, para ello se ha definido las etapas de la metodología basado en la fase de definir en la cual fija el objetivo y el problema del proyecto, en la fase de medir identifica las variabilidades y lo que produce la influencia en los procesos, en la fase de analizar, realiza una evaluación de las diversas causas que afectan la variabilidad,

en la fase de mejorar se hace la implementación de las soluciones y en la fase de controlar, se establecen los procedimientos para el mantenimiento de la propuesta de solución, cada fase tiene sus respectivas herramientas, siendo ellas:

- Fase de Definir: Project Charter, VOC, Diagrama de Ishikawa
- Fase de Medir: SIPOC, VSM, Takt Time, Lead Time, Cartas de Control, Minitab
- Fase de Analizar: Análisis Causa y efecto, los 5 porqués,
- Fase de Mejorar: Metodología 5s, Kanban, Punto de reorden, EOO, TPM
- Fase de Controlar: Hojas de control.

Estas herramientas son aplicadas en las fases de la metodología DMAIC, para ellos se ha determinado el diagnóstico de la situación de trabajo mediante el VSM que ha determinado un total de 214 minutos por unidad, con la aplicación de herramientas como Kanban, metodología 5s, se ha reducido algunas actividades y mejora de la cadena de valor de los procesos, lo que redujo el tiempo de proceso a 167 minutos por unidad, además de aplicar la herramienta de TPM que permite mejorar la disponibilidad de *equipos* y evitar interrupciones, lo que permite satisfacer la necesidad del clientes cumplimiento con los pedidos y la producción.

En la investigación de Franco (2018), sobre la aplicación de DMAIC como metodología de reducción de defectos, se basa en aplicar fase de trabajo como definir, medir, analizar, mejorar y controlar. en el cual se ha tenido un procedimiento establecido para cada etapa siendo ellos descritos a continuación:

- En la etapa definir, se establece el cliente, así como las características de calidad, el alcance del proceso, la definición de fallas y defectos y el objetivo a alcanzar.
- En la etapa de medir, se centra el proceso y los indicadores de calidad que se desean medir, con el fin de conocer el funcionamiento del proceso.
- En la etapa de analizar, se centra en la comprensión de las causas que afectan el proceso, así como las características de rechazo, se analizan las variabilidades.

- En la etapa de mejorar, se hace la aplicación de las mejoras, como el establecimiento de las mejoras en el sistema de producción.
- En la fase de controlar, se establecen procedimientos de mantenimiento de las mejoras implementadas.

Capítulo III

MARCO TEORICO

-

3. MARCO TEORICO

3.1. Introducción a la Metodología DMAIC.

Es una herramienta desprendida de la filosofía Six Sigma, enfocada en la mejora de proceso y la reducción de las variabilidades en productos y procesos en diversas industrias y sectores. DMAIC es un acrónimo basado en las cinco fases como son la de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Cada etapa tiene sus respectivos objetivos establecidos y sus respectivas herramientas asociadas los cuales se enfocan como procedimientos a ejecutar por el equipo de trabajo, para ello se deben de identificar los problemas que se debe de abordar basado en soluciones sostenibles en el tiempo.

Almeida & Cevallos (2022), en su investigación citan a Durán (2014), en el cual define las ventajas y desventajas de la filosofía Six Sigma, siendo ellas:

Ventajas de Seis Sigma

- Establecer un mejor nivel de satisfacción del cliente
- Permite generar control de los procesos en cada etapa, en la cual se define los cambios y las nuevas estrategias para lograr una mejor eficiencia.
- Permite la optimización y las mejoras de los procesos, basados en la simplificación de las actividades, la reducción de los pasos, así como la generación de resultado de forma eficiente y rápida.
- Permite resolver problemas en el corto plazo, basándose en una metodología de realizar un diagnóstico, diseño de forma sencilla, métodos de comunicación puntuales y establecer las metas acertadas.
- Permite el involucramiento de todos los participantes y colaboradores de forma integral de todas las áreas para establecer una comunicación homogénea.
- Mejora la función de comunicación y fomenta el trabajo en equipo, además de compartir las ideas, los problemas y los logros.

Desventajas de Seis Sigma

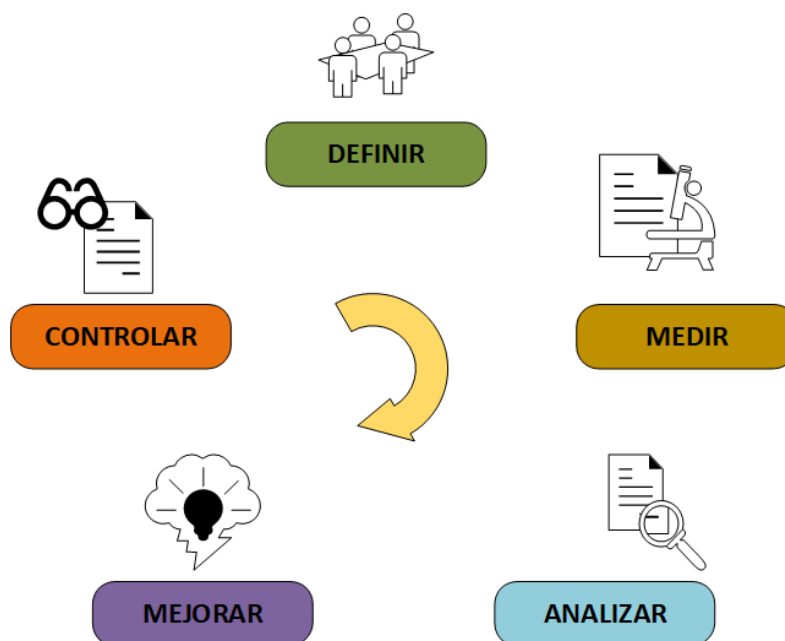
- Se necesita de conocimiento y capacitación centrado y profundo de Seis Sigma, para conseguir resultados buenos.

- Su aplicación requiere de tiempo, puesto que no se tiene claro el horizonte, involucra un costo adicional y más inversión del mismo.
- En algunos casos los resultados se aprecian en el largo plazo.
- Se necesita de la intervención de todos los colaboradores para lograr resultado en conjunto.
- Se requiere el compromiso y apoyo de la parte directiva.
- En ocasiones cuando se trata de una sola área de trabajo, se suele perder la interdependencia con las otras áreas.

Desimavilla (2021), indica que en los inicios de la metodología DMAIC estaba enfocado en solamente cuatro pasos que eran medir, analizar, mejorar y controlar, posterior a ello se ha determinado el primer paso de definir, siendo este paso necesario para la definición de las características a analizar y estudiar, siendo el objetivo de ello la mejora de procesos, la mejora de eficiencia, la reducción de las desviaciones, la reducción de defectos, entre otros.

Figura 1

Ciclo de la metodología DMAIC



Actividades en la aplicación de la metodología DMAIC

Tabla 1

Actividades en la aplicación de DMAIC

Etapas	Descripción
Definir	Realizar el Project Charter
	Realizar un mapeo de procesos y definir las variables
	Identificar las métricas de trabajo
Medir	Validar el sistema de mediciones
	Definir el plan de recolección de datos
	Definir un línea base
Analizar	Identificar, analizar y validar las causas raíz
	Priorizar las causas a solucionar
Mejorar	Definir las acciones de mejora
	Aplicar las acciones de mejora
	Validar los resultados
Controlar	Estandarizar las mejoras implementadas
	Definir los mecanismos de control de las mejoras

Nota: Actividades aplicadas por Vera (2018), en la implementación de metodología DMAIC

Horna & Patiño (2017), hace referencia a los resultados de cada fase de la metodología DMAIC, siendo ellos:

- Etapa definir: Se centra en el diagnóstico del proceso, siendo la vista actual de la situación, en este paso se hace la definición de las metas, los objetivos, la formación de equipos, la generación de ideas de causas y efectos, la aplicación de SIPOC, la determinación del tiempo ciclo de producción.
- En la etapa de medir, se centra en la recolección de data, con el fin de conocer y analizar el comportamiento de los procesos, además de la aplicación de herramientas

como el diagrama de Pareto, la determinación de la graficas de capacidad del proceso, así como la evaluación de variables.

- Para la etapa de analizar, se identificar las causas que generan el problema, además de uso de herramientas VSM, la realización de diagramas Ishikawa, estableciendo los problemas, las causas y los efectos de los procesos, se hace priorización de las causas y se califa en base a la relevancia.
- En la etapa de mejorar, se define la metodología de implementación de las 5s, además de la herramienta de distribución de planta, se implementan aspectos y estrategias que mejorar el proceso, se hace la implementación de tecnologías y herramientas automatizadas según corresponda y la capacitación al personal, para el conocimiento y mejor desempeño del personal.
- En la fase de controlar, se hacen las observaciones y seguimiento de los resultados de la implementación, así como medir las capacidades de proceso actual, haciendo comparación con los resultados previos, se establecen los estándares, se aprecian el impacto en la economía de la empresa, se definen las estrategias de mantenimiento y control de los procesos.

3.4. Contexto de la aplicación de la metodología DMAIC

DMAIC surgen como una estrategia de mejora por parte de Motorola, allí por los años 1980 y fue difundido con mayor importancia por General Electric para los años 90. Siendo su objetivo más relevante la de mejorar el nivel de calidad de cada uno de los procesos, a la vez permite identificar y eliminar todo tipo de defectos y reducción de la variabilidad. Six Sigma es entonces un conjunto de técnicas de contenido estadístico, basado en un enfoque sistemático que permite mejorar los resultados.

Tabla 2

Etapas de DMAIC y herramientas

Etapas	Descripción	Herramientas
--------	-------------	--------------

Definir	Define necesidades, problema, metas, alcance, recursos	Carta de equipo, flujograma, SIPOC, CTQ, VOC
Medir	Unidad de medida, mapeo de proceso, recolección de datos, recolección de información, relaciones, causalidad, capacidad de proceso, nivel sigma	Diagrama de flujo de proceso, plan de recolección de información, lluvia de ideas, R & R, VOC
Analizar	Definir objetivos, identificar los proceso que generan valor, causas de variabilidad, determinar la causa raíz, determinar los problemas a priorizas	Histogramas, Diagrama de Pareto, dispersión, series temporales, regresión, Diagrama Ishikawa, Herramienta 5 porqués, pruebas de hipótesis, Análisis AMFE
Mejorar	Determinar las soluciones, identificar las matrices de priorización, definir las tolerancias, evaluar los modo de fallos, validar las mejoras a implementar, realizar las acciones correctivas.	Lluvia de ideas, ensayo de prueba y error, diseño de experimento, priorizaciones, QFD, AMFE, simulaciones.
Controlar	Estandarizar los proceso, documentación de los planes de control, seguimiento del proceso, difusión de las mejora obtenidas.	Determinar los niveles sigma, establecer las cartas de control, estimar los costos de aplicación, generar el plan de control.

Nota: Basado en la investigación de fDesimavilla (2021)

Figura 2

Six Sigma y DMAIC



Nota: Relación de la metodología DMAIC, aplicación de filosofía Lean y Six Sigma según Kaizen Institute (2018)

La metodología DMAIC, se centra en la definición de los objetivos, a asignación del alcance, la determinación del contexto, en la etapa de medición, se centra en establecer el punto de partidas del estudio, el análisis de las variabilidades de las característica, así como la relación entre las variables, el mejorar por medio de experimentación de la situación actual, así como el control para el mantenimiento de las mejores aplicadas, para ello se centra en la estandarización y el sistema de trabajo de prevención de potenciales fallos (Buestán, 2013).

La metodología DMAIC se centra en principios básicos que según Coque (2019), se basan en:

- Los pasos se enfocan en base a las necesidades y requerimiento de los clientes.
- La metodología se centra en particular con los procesos productivos
- La metodología se aplica para la ejecución de actividades de los proyectos.
- Su aplicación de apoya en la estructura de la organización
- Su objetivo es la reducción de las variabilidades.

La metodología DMAIC es una herramienta para la resolución de problemas, así como la mejora de satisfacción del cliente, la reducción de las variaciones de los resultados en los procesos, así como la mejora de resultados por medio de una serie de pasos que empieza desde la definición del problema, la medición de las variaciones, el análisis de las causas, la implementación de las mejoras y el control del seguimiento de las mejoras (Juárez, 2018).

Ramírez (2019), se centra en la recolección de las mejoras e impacto de la aplicación de herramientas de mejora en la industria de alimentos, siendo estos factores:

- Reducción significativa de costos operativos.
- Mejora de niveles de productividad
- Reducción de reprocesos.
- Mejora de eficiencia y eficacia
- Mejora de aspectos relacionado con el orden y limpieza
- Reducción de tiempos ciclos de producción
- Reducción de fallos y paradas imprevistas
- Mejora de rendimientos de máquinas
- Incremento de la rentabilidad.

Las características de la metodología Six Sigma, según Gutiérrez & De la Vara (2009), citado por Coque (2019) son:

- La metodología Six Sigma se centra en el cliente, ya que busca satisfacer las necesidades de los clientes, además del rendimiento del proceso.
- La metodología se basa en la orientación de los datos, basado en la identificación de las variables de calidad, además en la mejora de los procesos.
- La metodología se basa en capacitación constante de los colaboradores, esto para mejora de formación y el mantenimiento de la mejora continua.

3.5. Fases de la metodología DMAIC

Definir

Definir o define, es la etapa que se centra en la identificación del problema y el establecimiento de los objetivos del proyecto, el cual está basado en la mejora, al mismo tiempo se debe de establecer el alcance y los recursos necesarios, las funciones y los roles del equipo de trabajo. Durante esta etapa se puede aplicar herramientas como Project Charter, Voz del cliente, Mapa de proceso, SIPOC, entre otros (Sánchez et al., 2020).

Medir

Medir o Measure, es la etapa donde se hace la recolección de información y de los datos del actual proceso de trabajo, el cual permite definir la línea base de trabajo, esta etapa permite también cuantificar el problema, medir las variabilidades y el rendimiento del proceso en sí. Para este paso se pueden aplicar herramientas como el mapa de proceso detallado, el análisis de capacidad del proceso, los estudio de repetibilidad y reproducibilidad.

Es la etapa de obtención de la información y datos que son necesarios para su análisis de la mejora propuesta, es importante considerar el sistema de medición (Donderis et al., 2019).

Analizar

Analizar o Analyze, es la etapa donde se hace la identificación de las causas raíz de los problemas o los factores que producen variabilidad dentro de los procesos, a la vez permite realizar la evaluación de las relaciones que existen entre las variables del proceso y reconocer los efectos que producen en los resultados (Santillan, 2019). Para esta etapa se usan herramientas como el análisis de causa raíz, basado en Diagramas Ishikawa, análisis de regresión y diagrama de Pareto (Rodas, 2020).

Mejorar

Mejorar o Improve, es la etapa donde se desarrollan e implementan las mejoras, que permiten la reducción o eliminación de las causas raíces de los problemas identificados, esto con fines de optimizar los procesos para la reducción de variabilidades y el mejoramiento del rendimiento del proceso. En esta etapa se aplican herramientas como brainstorming, análisis de costo beneficio o el diseño de experimentos, entre otros (Cruz, 2019).

Controlar

Controlar o Control, es la etapa donde se hace el aseguramiento de las mejoras implementadas con el fin de mantenerlas a largo plazo, esto para establecer los mecanismos de control y seguimiento que permiten detectar y modificar las desviaciones o variabilidades (Donderis et al., 2019). Durante esta etapa se pueden aplicar herramientas como los planes de control, cartas de control o las autorías programadas.

3.6. Objetivos de cada etapa de la Metodología DMAIC

Los objetivos de cada etapa del proceso de aplicación de la metodología DMAIC según Horna & Patiño (2017), se basa en:

- Definir los tiempos ciclos de trabajo, incrementar la producción del sistema de trabajo, observar los aspectos y los factores de la empresa.
- Medir los tiempos ciclo de trabajo, definir las variables críticas de trabajo, medir los rendimientos de cada operación para su análisis respectivo, establecer el diagrama Pareto para la observación de las variables críticas y con ello profundizar.
- Analizar la información y datos de la variable crítica, con el fin de aplicar estrategias de mejora.
- Implementar las mejoras correspondientes en las áreas respectivas, se hace la distribución de las cargas por operaciones, mejorar los sistemas de suministro y tratamiento de las mejoras en el sistema de producción, implementar equipos y herramientas como automatización y renovación tecnológica.

- Controlar los resultados de las mejoras implementadas, esto acorde a los procedimientos, realizar la comunicación de la retroalimentación, establecer mecanismo de monitoreo y seguimiento de las mejoras e inspeccionar los cumplimientos de cada acción acordada.

3.7. Beneficios de la aplicación de la Metodología DMAIC

Dentro de los beneficios de la aplicación de la metodología DMAIC, se tienen:

- Mejora de la eficiencia de los procesos, se optimizan los recursos y se reducen los tiempos de producción
- Mejora de la calidad, esto por medio de la reducción de los defectos y disminución de variabilidades en los procesos.
- Incremento de la satisfacción de los clientes, debido al cumplimiento de los requisitos y mejora de las expectativas del cliente,
- La disminución de los costos, esto por medio de la producción de menos desperdicios, reducción de retrabajos, lo que resulta en el ahorro de economía.

3.8. Herramientas aplicadas en las etapas de la metodología DMAIC

Ramírez (2019), desarrolla una recopilación de las principales herramientas de mejora de procesos dentro de organizaciones, en la cual se cuenta la metodología DMAIC, sumado a ello se cuenta los controles estadísticos de procesos, los ciclo de mejora basado en PHVA. la metodología Kaizen, la aplicación de herramientas QFD, la aplicación de Benchmarking, la aplicación de metodología 5s, la aplicación de la metodología AMFE, el uso de SMED para reducción de tiempos, la aplicación de TPM en la gestión de mantenimiento, aplicación de Jidoka, Heijunka, Kanban, Justo a Tiempo, Reingeniería y Seis Sigma.

Project Chapter

Herramienta que permite el desarrollo del Acta constituyen del proyecto, en él, se detallan todas las características importantes de la aplicación de la metodología, como el alcance, los objetivos, las responsabilidades, los recursos, entre otros (Montoya, 2023).

Rubio (2016), enfatiza que las carta de proyectos tiene beneficios como la eliminación de confusiones a la hora de desarrollar el proyecto o la mejora, también permite definir los límites y el alcance del proyecto, determinar que entregables se tendrán en cada etapa de la mejora y también define los recursos necesarios para implementar las mejoras.

VOC

Herramienta conocida como el análisis de las necesidades del cliente o voz del cliente, la cual permite establecer las necesidades del cliente y priorizarlas, eventualmente se pueden analizar quejas de clientes, opiniones de cliente, encuestas y otro tipo de retroalimentaciones (Maceda, 2022).

La voz del cliente se enfoca en aspectos como la identificación, loa requerimiento, las necesidades, y la retroalimentación. para ello se deben de identificar grupos de interés, así como a los clientes internos y distinguirlos de los externos, para conocer su respectiva perspectiva y con ello trabajar en función de ello y abordar el tema, como la aplicación de mejorar en caso sea necesario (Rubio, 2016)

Diagrama de Pareto

Es un esquema gráfico que permite identificar las prioridades y las causas, esto para reconocer el 80% de la problemática, basado en el pensamiento de pocos vitales y muchos triviales, en el cual se identifican el 20% de los elementos que generan un efecto o el problema, es decir el 80% (Nieto, 2022).

Figura 2

Diagrama de Pareto

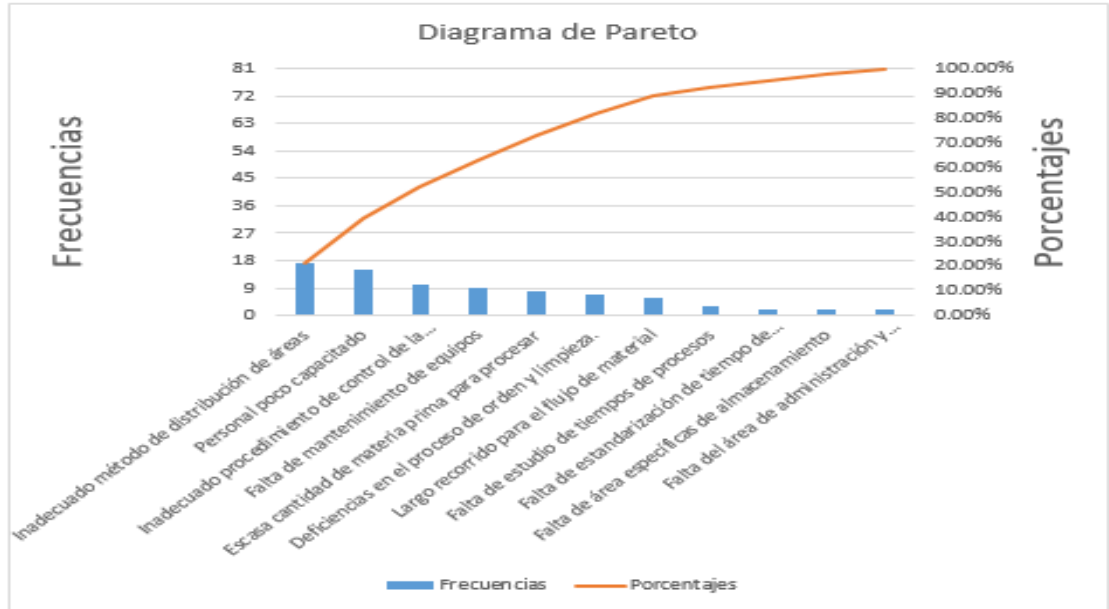


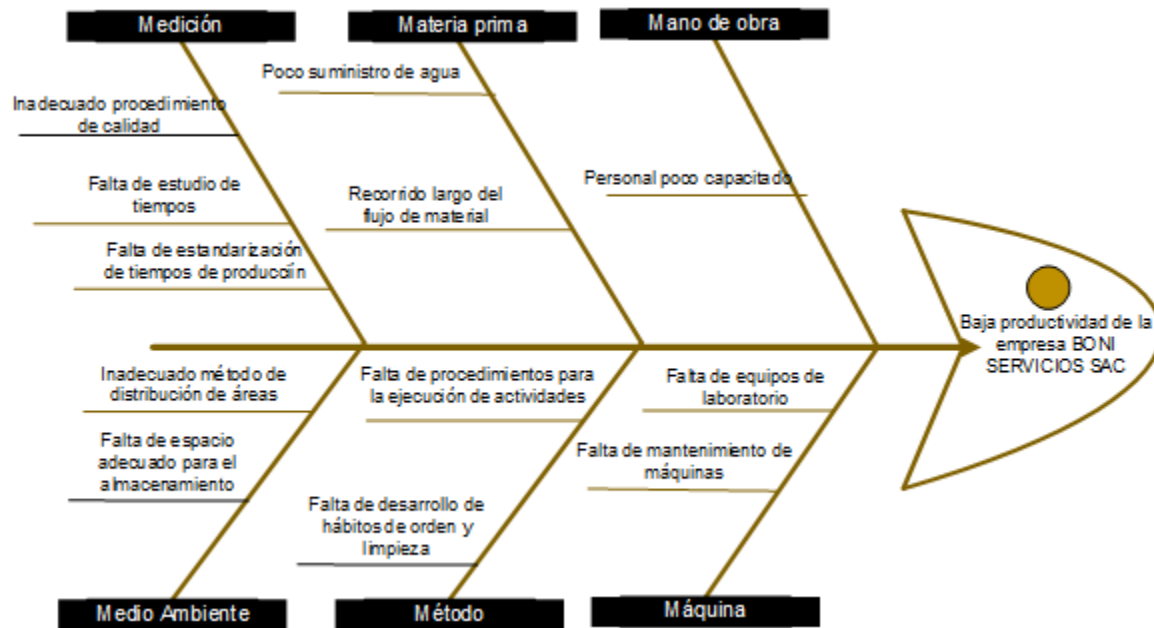
Diagrama de Espina de pescado – Diagrama Ishikawa

Esquema gráfico que se enfoca en relacionar las causas con el efecto final, esto para determinar las soluciones en base a las causas, para ello se enfoca en aspectos o factores como menciona Guerrero (2020):

- Mano de obra
- Materiales o materia prima
- Métodos de trabajo
- Maquinarias o equipos
- Medición
- Medio ambiente

Figura 4

Diagrama de Espina de pescado – Diagrama Ishikawa



Análisis de modo y efecto de fallo (AMEF)

Herramientas para la identificación de las potenciales fallas del proceso o de los productos, para ello se analiza la forma de detección, la frecuencia y la gravedad, con los cuales jerarquizar los problemas y obtener las acciones correctivas necesarias (Bravo, 2015).

Portal (2020), comenta que la etapas para el desarrollo de AMFE, parte desde realizar actividades como:

- Identificar el proceso, la máquina o actividades a analizar.
- Establecer las funciones de equipo analizado
- Definir las potenciales fallas que puede tener
- Definir los efectos de las fallas
- Identificar las causas de las fallas.
- Establecer los controles actuales con el fin de aplicarlas mejoras correspondientes.

Figura 5

AMFE

PROCESO		PRODUCCIÓN			Controles Actuales	VALORACIÓN			NRT-GC/D	Acciones a tomar	VALORACIÓN			NRT-GC/D
Operación/Actividad	Modo de fallo	Efecto	Causa	Gravedad(G)		Ocurrencia(O)	Detectabilidad(D)	Gravedad(G)			Ocurrencia(O)	Detectabilidad(D)		
Soldadura	Unión de piezas cortadas	Variación de Es pesor de soldadura	Producto rechazado	Falta de calibración de amperaje de equipo de soldar	Ninguno	8	5	6	240	Estandarización de procesos, control de tiempo de procesos, mantenimiento, capacitaciones	8	4	2	64
		No conformidades	Falta de mantenimiento											
		Reproceso De Soldadura	Falta de Procedimiento Estándar de proceso											

El AMFE es una herramienta proactiva, que permite detectar fallas de forma preventiva, para evitar o deducir sus efectos, esto para ver la manera de contrarrestar su producción e impacto.

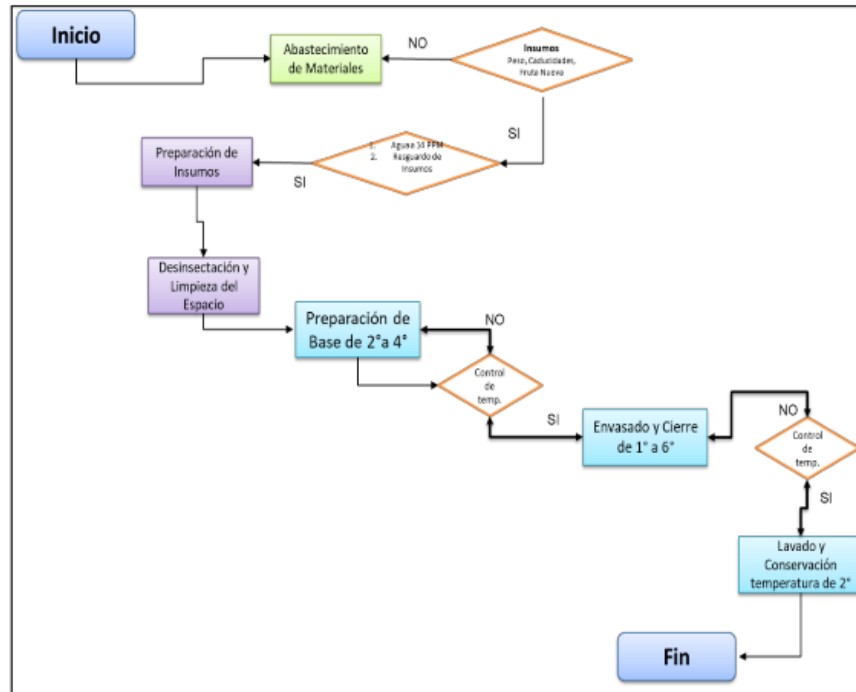
Diagramas de procesos

Son esquemas gráficos que permiten establecer el flujo de los procesos, en ellos se detallan las actividades del proceso, así como las distancias recorridas, las demoras, los transportes, para lo cual se debe tomar decisión de reducir actividades que no generan valor.

Los flujogramas para Blandón (2021), se pueden apreciar de forma clara los procesos, para ello se identifica la secuencia de actividades, decisiones, generación de información, entre otros, para mejorar la comprensión del proceso.

Figura 3

Flujogramas de procesos.



Nota: Basado en la investigación de (Parra et al., 2024)

Diagrama SIPOC

Es un diagrama que permite el análisis del proceso, para ello se distinguen:

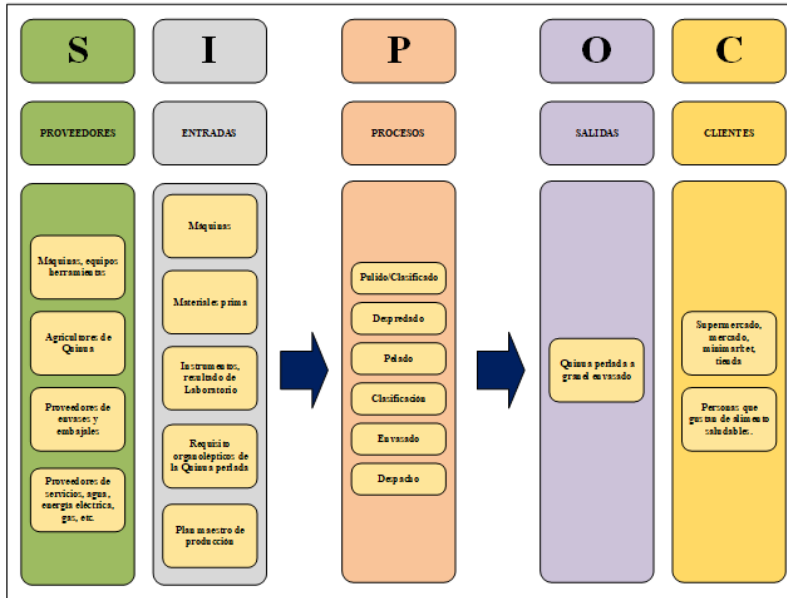
- Los proveedores
- Las entradas
- El proceso
- Las salidas
- Los clientes.

SIPOC como herramienta brinda ventajas en su aplicación que parten de mostrar las actividades bajo un esquema simple, también su versatilidad en su aplicación tanto en pequeñas y grandes empresas, además de generar detalles específicos de las actividades,

donde los actores principales son los proveedores, los procesos principales y los clientes (Rubio, 2016)

Figura 7

Diagrama SIPOC



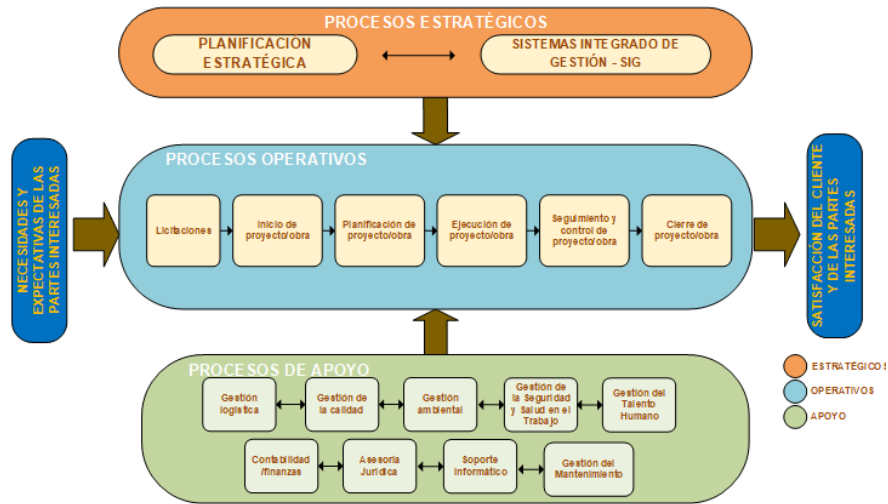
Los diagramas SIPOC, permiten trazar el plan de negocio, por medio de la documentación de proveedores, las entradas o los insumo, el proceso de transformación o las actividades y las operaciones que generan valor al producto final, siendo ella la salida del proceso, sumado a las mermas correspondientes, así como conocer y a los posibles clientes. Es una herramienta de información clave que permite conocer el proceso, para la toma de decisiones correspondientes.

Mapa de procesos

Los mapas de proceso permiten esquematizar los procesos de una empresa en base a sus interacciones y la secuencia de trabajo.

Figura 8

Mapa de procesos



Nota: Se distinguen los procesos estratégicos, operativos y de apoyo.

Los mapas de proceso son importantes puesto que definen los procesos básicos e relevantes de una empresa, es decir determinar los procesos que añaden valor al proceso o al servicio, siendo ella la vía para la obtención de beneficios. El mapeo de proceso permite comprender la parte operativa de una empresa y con ella mejora su eficiencia.

La lluvia de ideas

Es una herramienta que deriva del término inglés Brainstorming, en la cual se considera las ideas de varias personas, las cuales la desarrollan en forma conjunta, con el propósito de encontrar una solución correspondiente a los problemas o sobre ajustar las necesidades del cliente, mejorar problemas de comunicación, en el contexto de aplicación de DMAIC permite ajustar las causas de variabilidad de algún indicador o característica del producto, además permite establecer las estrategias de mejora que se deben de aplicar (Varas, 2010).

Figura 9

Lluvia de ideas

LLUVIA DE IDEAS			
FECHA	Area:	Almacenamiento	
LISTADO DE IDEAS			
1	Errores por estimación de inventarios		
2	Errores por envío de semielaborado		
3	No existen sensores de nivel		
4	Bombas se agripan		
5	No hay cañerías independientes por productos		
6	Temperaturas bajas en invierno		
7	Errores operacionales al traspasar chocolates		
8	Agua de calefacción - temperatura baja		
9	Sellos de bombas rotos		
10	Errores operacionales		
11			

Nota: Determinación de lluvia de ideas para el proceso de producción de chocolate según Varas (2010).

Carta de control

Herramienta que permiten observar y analizar los procesos en su forma de comportamiento de sus variables respecto al tiempo, lo cual permite detectar variabilidades, con el fin de tomar de las decisiones para las acciones de mejora respectiva.

Indicadores de capacidad de procesos.

Índice de capacidad potencial del proceso (C_p):

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$$

Donde:

σ : Es la desviación estándar del proceso, por lo que 6σ es seis veces la desviación estándar.

LES: Con el límite superior de las características de calidad

LEI: Con el límite inferior de las características de calidad

La grafica de control según Betancourt (2016), citado por Coque (2019), tiene ventajas como son:

- Permite el análisis de los procesos, esto basado en la identificación de procesos sin control, permite evaluar la normalidad de los datos, con el fin de mejorar el tiempo.

- Permite la gestión de los procesos, esto con el fin de lograr la estabilidad de los resultados, el control de la desviación y la mejora de capacidad del proceso.
- Permite mejorar el proceso, ya que se identifican las fallas, se recolectan los datos de entrada y con ello se analizan y desarrollan las estrategias, por medio del diagrama de control.

Tabla 2

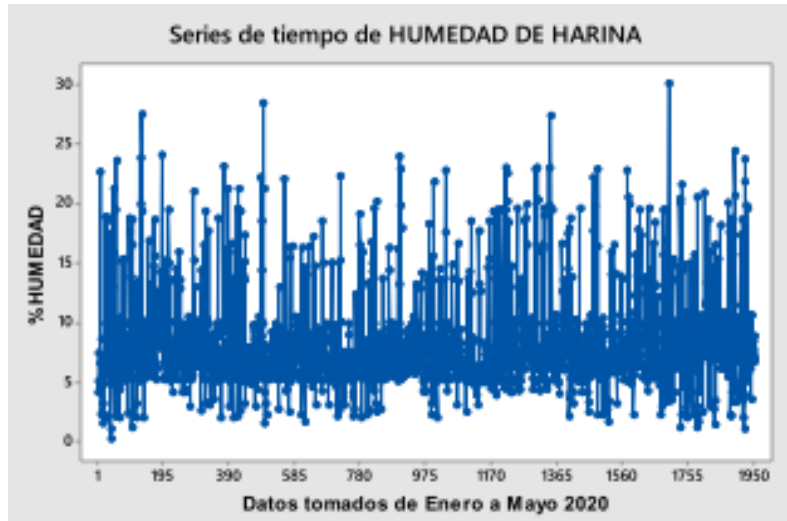
Valores de la capacidad de proceso Cp

Nivel	Categoría de proceso	Toma de decisiones
$Cp \leq 0.67$	4	Requiere modificaciones importantes, no es adecuado para el trabajo
$0.67 < Cp \leq 1$	3	Requiere modificaciones moderadas, no es adecuado para el trabajo.
$1 < Cp \leq 1.33$	2	Requiere de controles específico, parcialmente adecuado para el trabajo
$Cp > 1.33$	1	Bien adecuado para el trabajo.
$Cp \geq 2$	Clase mundial	Adecuado como en la calidad y nivel 6σ

Nota: Valores relativos según Gutiérrez (2010)

Figura 4

Variabilidad de propiedades en el tiempo



Nota: Estudio basado en las propiedades de humedad y su variabilidad según Paredes (2021)

Capítulo IV

METODOLOGIA

—

4. METODOLOGÍA

4.1 . Enfoque

El enfoque de la investigación es cuantitativo, ya se recolecta, analiza e interpreta, el peso en gramos del producto quinua perlada de 1000 gramos, se aplica herramientas de análisis estadístico, como SPSS para la determinación de comportamiento de sus variabilidades en un lote de 500 productos de los cuales se extrae una muestra.

4.2. Tipo

El tipo de investigación es aplicativo, puesto que se hace un diagnóstico de la situación actual, existiendo variabilidad en el peso, siendo está elevada, para ello se realizar acciones de mejora y estrategias para reducir la variación del peso, con ello solucionar este problema, por lo tanto, mejorar el rendimiento y la capacidad del proceso de producción.

4.3 . Nivel

El nivel de investigación es descriptivo, se resuelve el problema en base a un diagnóstico de la situación, determinar la capacidad del proceso, a lo cual se establecen las mejoras correspondientes, lo cual se basa en la aplicación de herramientas y técnicas de DMAIC para mejora de los procesos operativos.

4.4 . Diseño

El diseño de investigación es pre experimental, es decir no se aplicará experimentos, pero si se aplicará mejoras en el cuarto paso de DMAIC, que permite reducir el nivel de variabilidad del peso de sus productos.

4.5 . Población y muestra

La población se basa en la producción de lote de Agroandina Puno SAC, de la cual se extrae una muestra por medio de la probabilidad, aplicado ello se cuenta con 218 muestras de las cuales se han registrado 220 muestras para distribuirlas en 5 subgrupos.

4.6. Técnicas e instrumentos

Se han utilizado la observación y el análisis documental, en la cual se han aplicado la medición de los pesos de 220 unidades de producto, con cuales se ha determinado el rango y las desviaciones de peso correspondiente, se ha determinado la capacidad del proceso de envasado. Como instrumentos se han utilizado guías de observación y guías de análisis documental, para la extracción de información relevante y la extracción de datos para la investigación.

Capítulo V

RESULTADOS

—

5. RESULTADOS

5.1. Información de la empresa

Agroandina Puno SAC, es una organización dedicada al procesamiento y venta de alimentos a base de materia prima como la Quinoa, siendo ella un grano cultivado en la región de Puno. Tiene como objetivo de trabajo enfocarse en mejorar la calidad en sus productos, además del cuidado del medio ambiente y la sostenibilidad, la materia prima es procedente desde cultivo orgánicos para preservar sus propiedades naturales y el cuidado de la salud de las personas en su ingesta.

Siendo sus estrategias basados en una selección exclusiva y muy cuidadosa de sus productos, en caso de la recolección de proveedores se ha centrado en la selección de sus proveedores, esto en la región de Puno, siendo su mayor mercado proveedor la provincia de Azángaro.

Sus productos más frecuentes se basan en base de materias primas como la quinoa y otros granos andinos, como la kañihua.

Su proceso principal empieza con la recolección de materia prima, siendo ellos:

- Recepción de materia prima, en la cual se hace la desestiba de cada saco que contiene quinoa en bruto, muchos de ellos provenientes desde el cultivo, estos trasladados por los propios proveedores, para ello se hace inspección de las condiciones y estado de la materia prima, con el fin de efectuar su respectiva trazabilidad. Durante este proceso se procede a observar las características organolépticas, además de actividades de limpieza y otros. Estos se almacenan en sacos con capacidad de 50 kg., los cuales son apilados en la zona de almacenamiento en sus respectivos pallets. Existe un proceso de fumigación adecuado de baja toxicidad que permite la eliminación de insectos en el grano. Otro dato importante es la conservación de calidad del grano el cual se coloca en temperaturas de 18°C a 25°C, con una humedad relativa de 60% y 70% (IICA, 2016).

- Luego de ello se procede a alimentar a una tolva para su traslado de grano al área de selección por medio de cangilones, en el cual se debe de eliminar las impurezas que están entre el grano de quinoa. En esta etapa de selección de impurezas, el objetivo es separar todo tipo de elementos extraños como pueden ser hojas, tallos, piedras, entre otros.

- El proceso de despedrado inicial, tiene un objetivo de eliminar las piedrecillas que, entre los granos de quinua.
- Seguido de ello se hace el escarificado, en el cual se quita la cascarilla del grano mediante fricción en superficies ásperas.
- El lavado es el proceso en el cual se añade vapor de agua entre un rango de temperatura de 55°C y 65°C, con el fin de eliminar la saponina que aún resta del proceso de escarificado, se hace de forma continua.
- Luego de ello se hace la centrifugación, en el cual se procede a la eliminación de la saponina presente en el grano en su totalidad.
- El proceso de secado, permite la eliminación de la humedad mediante la adición de aire caliente a una temperatura de 60°C, de forma continua,
- Luego de ello se hace el despedrado final, con el cual se elimina en su totalidad la existencia de piedrecillas en el producto.
- El proceso de clasificar, se hace con el fin de seleccionar y separar el grano según el tamaño para ello se usa la gravimetría, el cual selección en función del peso.
- La selección por el color, en el cual se seleccionar el grano en base a el tono, ya sean oscuro o claro, esto por medio de sensores electrónicos, el cual aplicar are comprimido para eliminar granos oscuros y permitir el paso de los granos claros.
- El proceso de detección de metales, permite la eliminación de cualquier tipo de metal pesado (acero inox, metal no ferroso o no ferroso), además de la presencia de pernos, arandelas, clavos y otros.
- El proceso de embolsado, implica que el grano pase para el sellado automático, en su presentación de 25 kilogramos y 1 kilogramos, esto para las bolsas bilaminadas de polietileno, luego de ello se hace un sellado hermético con los datos de la empresa.
- Los procesos de codificado, actividades de etiquetado y las actividades de empacado, en el proceso de empacado.
- Los procesos de paletizado, para las cajas y los sacos.

- El almacenado de los productos acabado y el paletizado, para luego realizar el despacho.

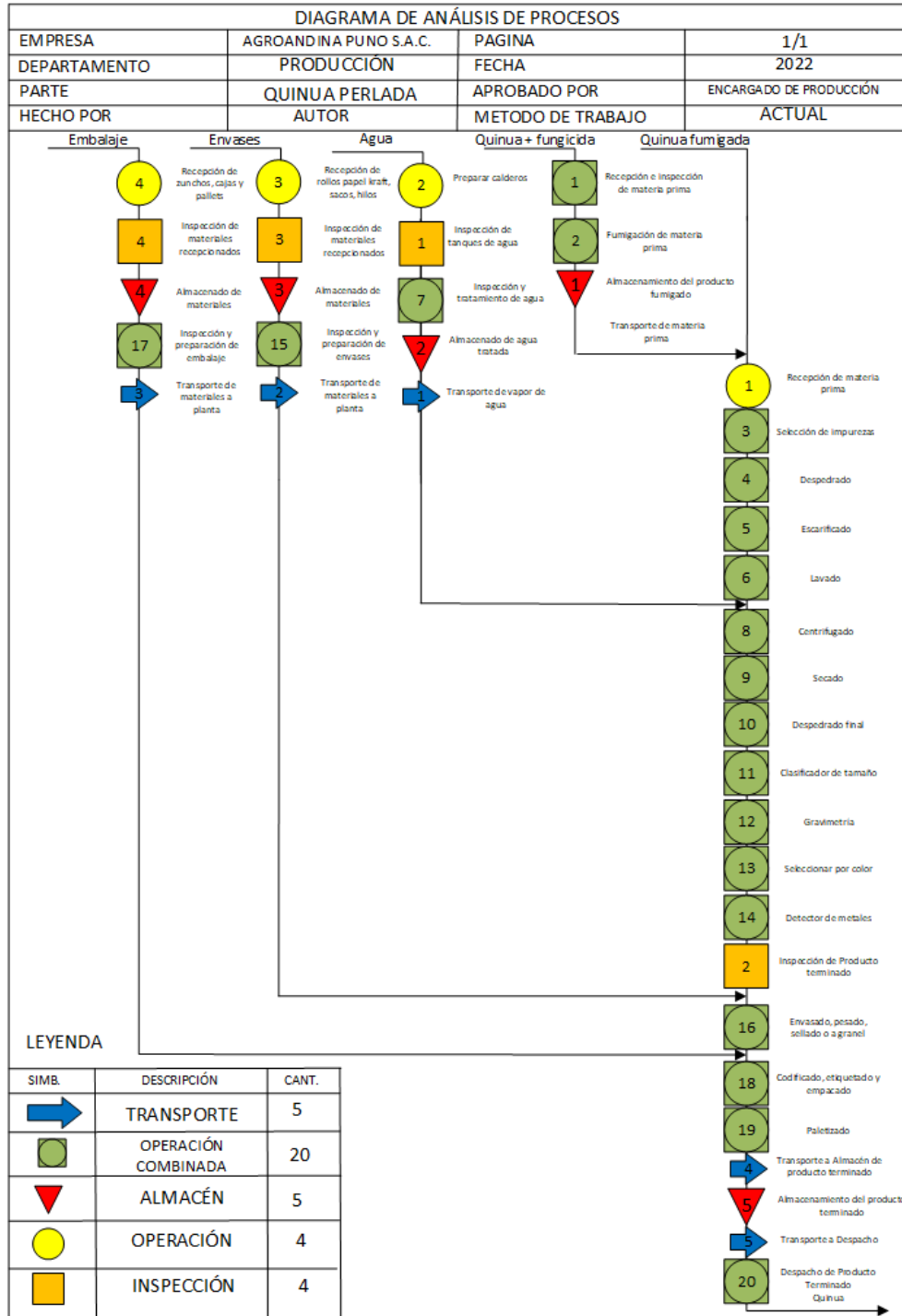
Figura 5

Flujograma de actividades de producción de quinua



Figura 6

Diagrama de análisis de procesos



Con relación al procesamiento y envasado a granel de quinua perlada, estas dentro de la empresa cuenta con 5 transportes importantes y largos, siendo cada operación combinada con una inspección las cuales son 20, en cuanto a los almenados se cuenta con 5 áreas específicas y distintas, que son embalajes. almacén para envases, el almacenado de agua para operaciones de lavado, además en otra con la aplicación de quinua para su fumigación para eliminar insectos y otros microorganismos, siendo esta operación de poca toxicidad, todo ello pasa al proceso principal y llega a un almacén de producto terminado. se cuenta con 4 operaciones netas, además de 4 inspecciones separadas aplicadas dentro del proceso principal.

Quispe (2022), por ello centra sus procesos en base a la recepción de materia prima, en la cual determina la humedad del grano, realizar la selección para análisis de calidad de grano, es decir de la materia prima, el acondicionamiento del grano en un humedad de valor de 15% y 20%, se hace el envasado correspondiente, en su otra línea de producción de expandido de granos, considera operaciones como la expansión del grano de presión relativas de 140 a 160 psi, el tamizado correspondientes de elementos diversos, el enfriado por un espacio de 30 minutos y su envasado en base a 500 gramos de capacidad.

Entonces, los diferentes procesos para trabajar con quinua, parten del análisis de sus características, con el fin de lograr una calidad que se ajuste a las necesidades del mercado.

5.2. Aplicación de la metodología DMAIC

En esta etapa definiría el problema, así como el objetivo de la aplicación de la mejora.

Project Charter

Tabla 3

Aplicación de Project Charter

Título	Mejorar los resultados de variabilidad en el peso final del producto Quinua perlada de 1kg
--------	--

Problema	Existencia de la variabilidad en el peso final del producto Quinua perlada de 1kg, siendo el proyecto basado en la inconsistencia en el cumplimiento de peso de calidad, lo que genera la falta de satisfacción.
Objetivo	Reducir la variabilidad en el peso final del producto Quinua perlada de 1kg, estableciendo un peso estándar y límites de tolerancia
Alcance	Proceso de envasado y pesado de la quinua perlada Análisis de las máquinas y equipos de envasado Capacitación al personal del proceso de envasado Implementación de mejoras y establecimiento de controles de calidad.
Justificación	El proyecto se realizar para reducir la variabilidad del peso en los productos de quinua perlada, esto para el cumplimiento de las normativas de etiquetado y el incremento de la satisfacción del cliente.
Equipo de trabajo	Encargado de planta Operarios
Recursos	Herramientas de medición y procesamiento de datos. Equipos de calibración y análisis de máquinas envasadora. Paquete de análisis estadístico Materiales de capacitación al personal.

VOC del cliente

El cual permite encontrar la ruta y los actores en el procesamiento de quinua perlada.

Tabla 4

Aplicación de VOC del cliente

Expectativas y necesidades del cliente

Factores	Descripción
Consistencia en el peso del producto	Los clientes tienen la sensación que el producto de quinua perlada tenga un peso de 1 kg, con un margen pequeño de variaciones respecto a esa media. <hr/> Cliente: "Es frustrante realizar compras de productos con peso inexacto, lo que me produce desconfianza en el producto y la marca"
Cumplimiento de normativas	Todo cliente en especial los minoristas y las tiendas de distribución cuenta con la idea que los productos deben contar con la normativas adecuado de etiquetado y el peso exacto, a fin de eliminar problemas legales y de calidad <hr/> Cliente: "Como cliente tenemos la necesidad de comprar un producto normado y regulado, además que genere confianza"
Calidad del producto	Todo cliente, consumidor o usuario valor la calidad de un producto en base a la uniformidad y el tamaño en especial en granos o cereales, además de la ausencia de impurezas- <hr/> Cliente: "La calidad es fundamental a la elección de un producto, necesitamos que el producto no contenga impurezas y sea de una uniformidad en el tamaño y el color"

Transparencia y confianza	Todo cliente necesita conocer de forma transparente el producto y sobre todo con el cumplimiento de las características detallados en la etiqueta.
---------------------------	--

Cliente: "Es importante que la empresa sea sincera con el producto ofertado"

Satisfacción general del producto	La satisfacción con un producto se debe a varios factores, como el precio, la fácil apertura, la oferta, entre otros.
-----------------------------------	---

Cliente: "La quinua es mi alimento favorito, necesito que esté disponible a un precio justo y con la calidad garantizada".

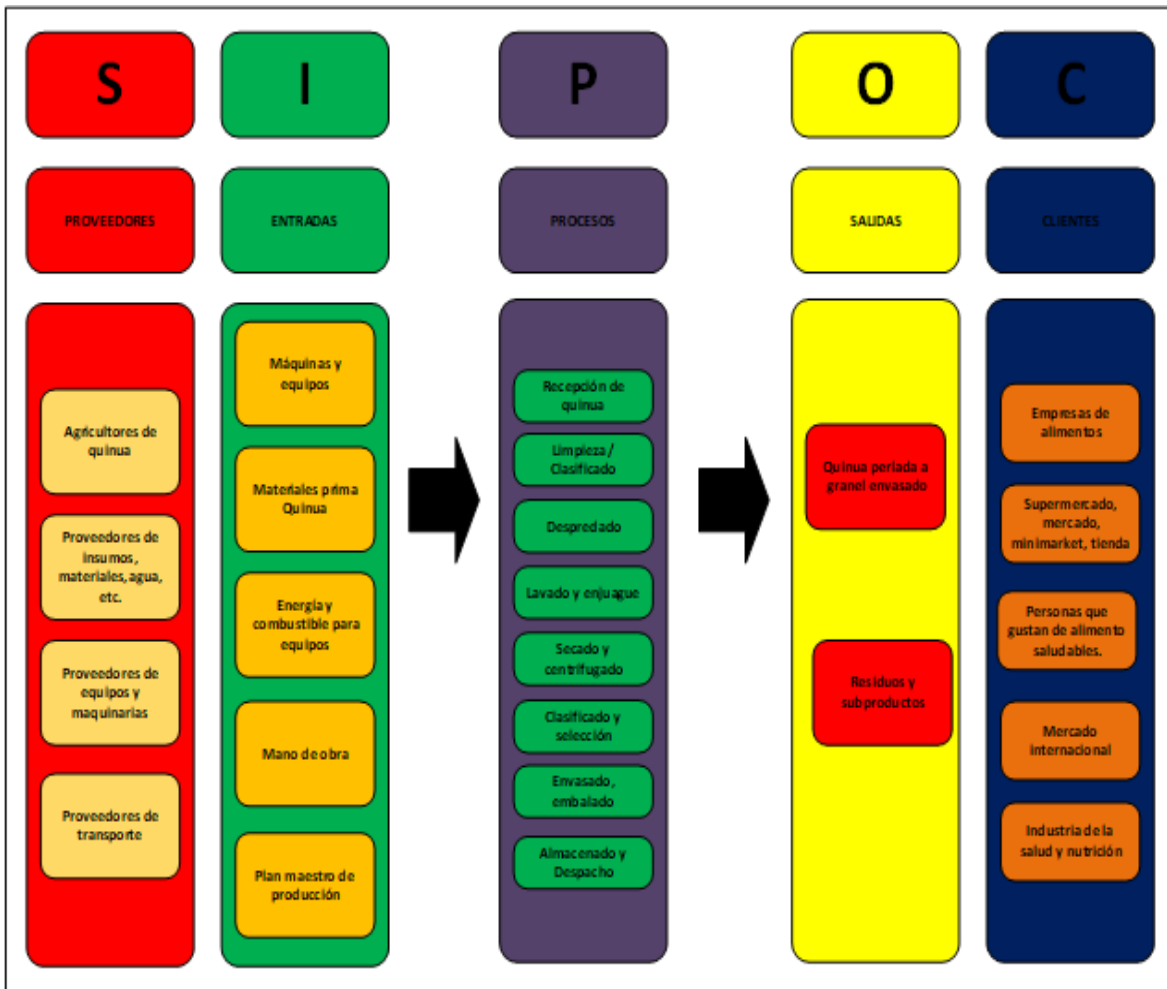
Nota: Se ha analizado VOC, en base a la precisión del peso, el cumplimiento de la normatividad, la calidad, transparencia y satisfacción general con el producto, quinua perlada (1kg)

Diagrama SIPOC

Permite ver la relación entre los proveedores, entradas al proceso, los procesos principales, las salidas y los clientes.

Figura 7

Diagrama SIPOC del procesamiento de quinua perlada



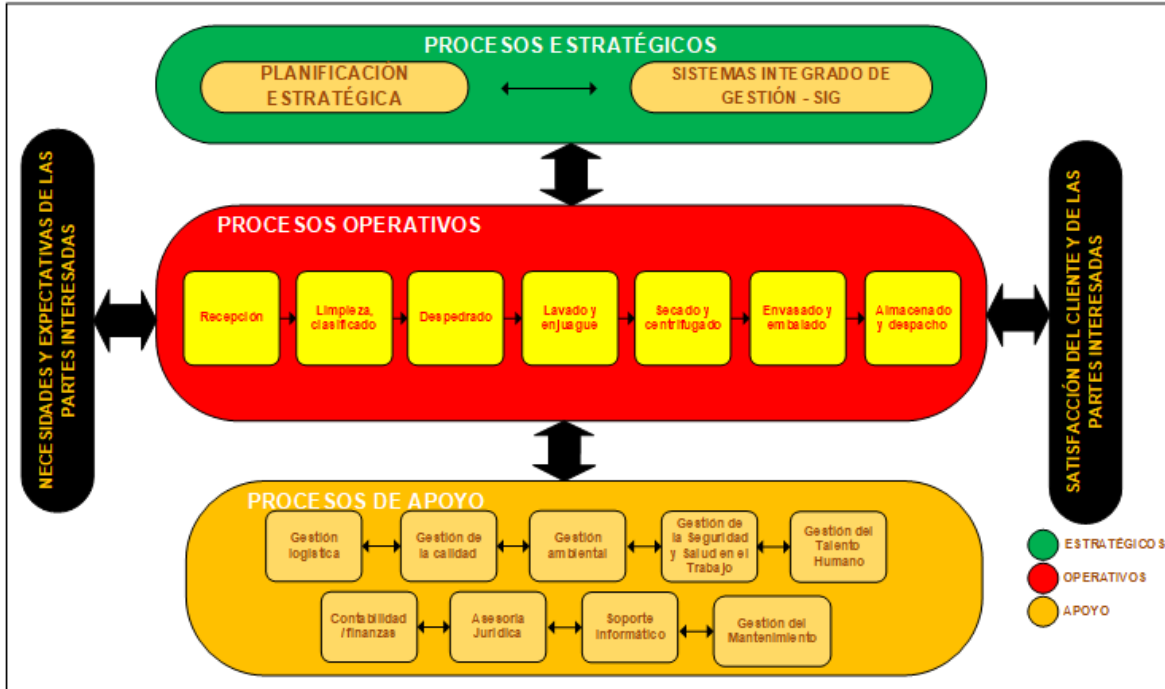
Nota: Las iniciales de SIPOC son: S(Suppliers), I(Inputs), P (Process), O(Outputs) y C(Customers). el cual permite analizar cada componente y relacionarlas, con el fin de establecer un flujo del proceso e identificar las áreas de mejora.

Mapa de procesos:

El mapa de procesos permite identificar y distinguir los tipos de procesos, dentro de una empresa u organización, siendo para Agroandina Puno SAC.

Figura 8

Mapa de procesos del procesamiento de quinua perlada



Se aprecia los procesos estratégicos, el cual se fundamenta en la base de planificación estratégicas, el cual implica conocer la misión, la visión, los objetivos, las políticas de la empresa, con el fin de desarrollar el proceso a largo plazo y sus relaciones entre ellas. Se toma en consideración el sistema integrado de gestión, el cual implica el conocimiento de las tres partes de gestión, que son la calidad, seguridad y medio ambiente, lo cual trabaja íntegramente en base a la eficiencia y la eficacia como organización.

Los procesos operativos, se encargan de la transformación y procesamiento de los insumos en base a los productos finales, lo cual se enfoca en la entrega de producto al cliente, parte desde las operaciones y actividades de, recepción, el cual se acopia materia prima que para el caso es quinua, para su verificación de calidad, su limpieza y clasificado, lo que tiene que ver con la eliminación de otro cuerpo extraño e impurezas, para su correspondiente clasificación de la quinua en base a su calidad. seguidamente del despedrado, la eliminación de sustancias que no son quinuas, el lavado, para la eliminación de polvo y restos de contaminantes, seguido del secado, la centrifugación, el envasado y el almacenado.

Los procesos de apoyo se centran en la gestión logística que permite conocer la cadena de suministro, la gestión de calidad, medio ambiente, la seguridad, la gestión de talento humano, la contabilidad, las finanzas, la asesoría jurídica, entre otros, que son recursos y soporte para el correcto funcionamiento de la parte estratégica y operativa de la empresa.

ETAPA: MEDIR

Para realizar las mediciones es importante considerar una muestra para trabajo, en el cual se debe aplicar un tipo de muestreo, siendo el caso aplicado uno probabilístico, para ello se considera un lote de producción de 500 unidades/lote.

Entonces se tiene:

n: tamaño de la muestra

Z= Confiabilidad al 95%, lo que indica que Z toma el valor de 1.96 para los cálculos

p=0.5, es el valor a favor

q=0.5, es el valor en contra.

N=500 unidades/lote, lote de producción de 500 kg.

E=0.05 = 5%, error de muestreo y confianza.

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

$$n = \frac{1.96^2 \cdot (0.5)(0.5) \cdot 500}{0.05^2 \cdot (500 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = 217.49 \text{ Unidades} = 218 \text{ unidades}$$

n=218 unidades de bolsa en la presentación de 1kg de quinua perlada, el cual se puede extender a 220, para ordenarlas en subgrupo de 5 o 4, en caso sea n'= 5 subgrupos, se tendría, luego k=n/n'=220/5=44, siendo ellas el ordenamiento por cada lectura repetida.

Tabla 5

Recolección de datos primer lote

	1	2	3	4	5	Rango	Media (X)
1	996.5	995.6	999.6	1011.2	1061.2	65.6	1012.82
2	991.5	993.9	999.9	998.8	1035.2	43.7	1003.86
3	989.6	998.7	989.6	987.6	1006.2	18.6	994.34
4	1032.6	1025.3	1015.6	1002.9	1007.5	29.7	1016.78
5	1025.2	1028.1	1005.2	1009.2	1005.2	22.9	1014.58
6	998.6	1010.9	1018.5	1003.5	1006.5	19.9	1007.6
7	989.5	1000.3	1013.5	1007.4	998.6	24	1001.86
8	987.6	989.5	998.6	988.5	997.5	11	992.34
9	995.8	1011.3	1003.6	1016.8	1003.5	21	1006.2
10	1019.8	995.9	989.5	998.3	1005.2	30.3	1001.74
11	1012.5	998.5	996.8	992.5	998.7	20	999.8
12	1000.2	1000.5	991.6	996.8	1019.8	28.2	1001.78
13	986.5	996.5	1003.1	994.7	998.6	16.6	995.88
14	989.6	991.5	980.7	994.6	997.5	16.8	990.78
15	1000.6	989.6	986.8	988.9	1001.1	14.3	993.4
16	1025.3	1032.6	1035.6	989.5	1000.2	46.1	1016.64
17	1009.5	1025.2	1005.7	987.6	1000.6	37.6	1005.72
18	1003.5	998.6	998.9	995.8	1045.5	49.7	1008.46

19	998.6	989.5	999.6	1019.8	1009.5	30.3	1003.4
20	1015.5	986.5	996.9	1012.5	998.6	29	1002
21	1006.2	989.6	986.6	996.5	996.8	19.6	995.14
22	995.8	1000.6	1009.6	1003.8	1001.2	13.8	1002.2
23	999.6	1012.5	1008.6	998.7	1000.2	13.8	1003.92
24	998.6	1000.2	1006.6	989.9	1030.6	40.7	1005.18
25	1011.6	986.5	988.6	999.8	1025.6	39.1	1002.42
26	1009.6	989.6	986.8	1006.5	1005.6	22.8	999.62
27	984.5	1000.6	1018.9	1000.5	1002.3	34.4	1001.36
28	996.3	1025.3	986.5	1000.1	989.5	38.8	999.54
29	999.8	1009.5	989.6	986.5	987.6	23	994.6
30	998.2	1003.5	1000.6	989.6	985.8	17.7	995.54
31	989.6	1000.6	999.8	1000.6	1019.8	30.2	1002.08
32	999.8	999.1	1015.6	1011.2	1012.5	16.5	1007.64
33	1000.5	999.1	1007.9	1008.9	1007.5	9.8	1004.78
34	1006.3	986.5	998.9	1000.5	1008.6	22.1	1000.16
35	998.2	989.6	1003.5	1000.3	1009.8	20.2	1000.28
36	1004.9	1000.6	986.5	986.5	1005.6	19.1	996.82
37	1003.2	1003.8	989.6	989.6	989.5	14.3	995.14
38	1000.5	1000.5	1000.6	1000.6	987.6	13	997.96
39	989.9	986.3	1002.9	1010.2	995.8	23.9	997.02
40	1000.9	985.6	990.8	1008.9	1019.8	34.2	1001.2

41	989.6	998.5	986.5	1005.6	1012.5	26	998.54
42	1008.9	1006.8	989.6	1001.5	1007.6	19.3	1002.88
43	1005.2	1015.6	1000.6	998.9	1005.6	16.7	1005.18
44	1008.5	1002.9	1025.6	996.8	1003.8	28.8	1007.52
						25.75	1001.97

Nota: Se tiene una media de rangos de 25.75 gramos, es decir hay variabilidad importante en el gramaje, además se tiene una media de 1001.97 gramos en el peso, pero se observación bastante dispersión entre los valores.

Figura 15

Capacidad del proceso – primer lote

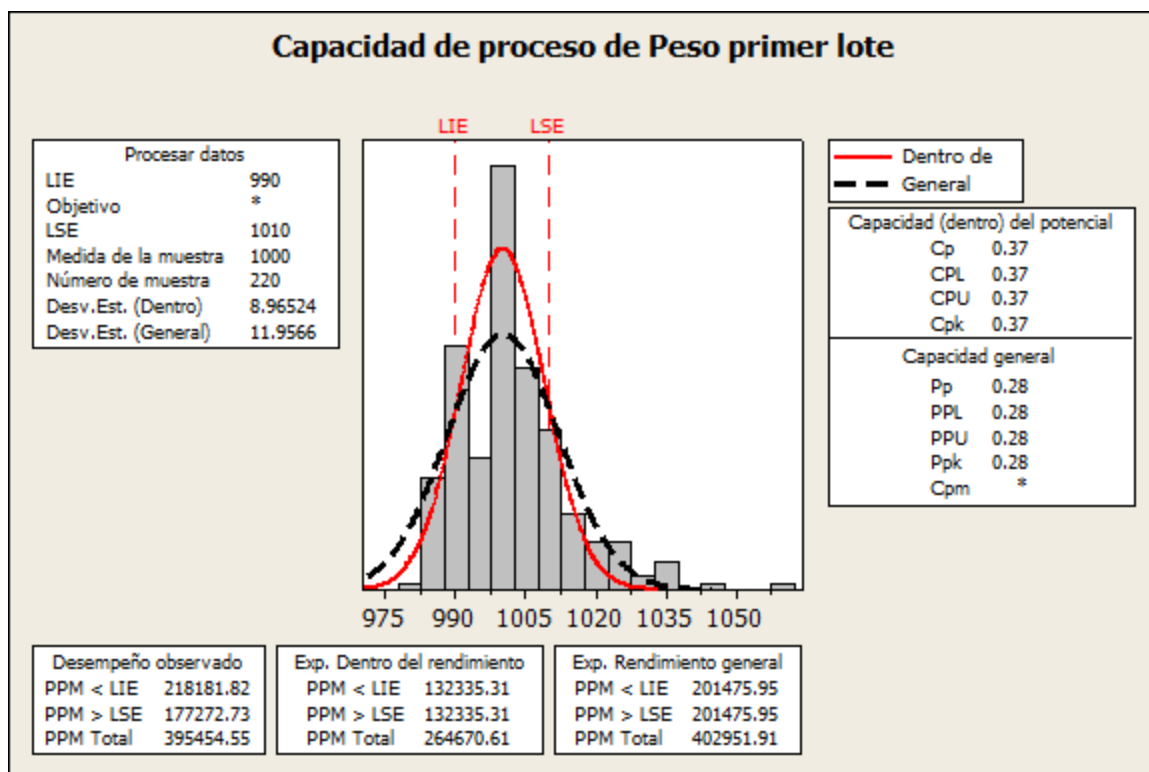
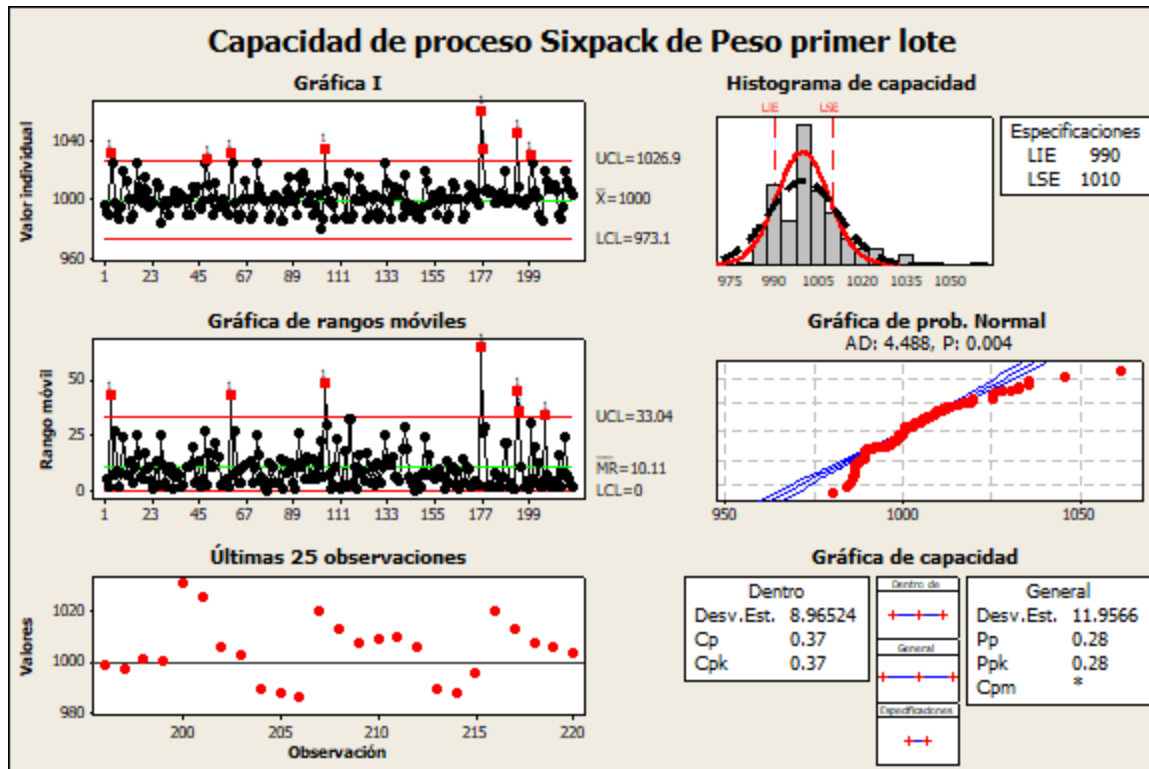


Figura 9

Capacidad de proceso sixpack de pesos de primer lote



La figura representa la capacidad del proceso, en la cual se aprecia los valores de desempeño del proceso:

- La gráfica I de valores individuales, siendo los puntos negros lo que representa los pesos medidos en la muestra de quinua, la línea central \bar{X} =1000gramos, es la muestra del promedio de los valores individuales, las líneas de color rojo representan los límites superior que inferior, UCL=1026.9 gramos y LCL=973.1 gramos, lo que indica un rango de variabilidad del proceso bajo control.
- La gráfica de Rangos móviles (MR), permite apreciar los rangos móviles, siendo ellos la variabilidad de las mediciones consecutivas, así como la tendencia central de MR=10.11 gramos, siendo ella la muestra del promedio de los rangos móviles, además los límites de control, UCL=33.04 y LCL=0, lo que indican el rango esperado de la variabilidad del rango móvil.

- Las últimas 25 observaciones, son los puntos rojos que muestran los valores individuales de las últimas 25 observaciones del lote, además, se aprecia la tendencia de las mediciones más recientes.
- El histograma de capacidad, permite apreciar la distribución de los pesos, en el cual se aprecian las especificaciones de los límites inferior y superior, $LIE=990$ gramos y $LSE=1010$ gramos. Además de la curva superpuesta que muestra la distribución normal ajustada para esos datos.
- La gráfica de probabilidad normal, en la cual los puntos rojos representan los datos observados, además de la línea azul, que representa la distribución normal teórica, el valor de AD (Anderson Darling) es un estadístico que mide el ajuste de los valores de distribución normal, en el cual el valor es ($p=0.004$) siendo ello menor a 0.05, lo que implica que los datos no están siguiendo una distribución normal, lo cual se aprecia también en el gráfico de histograma.
- La gráfica de capacidad, en el cual se aprecia los valores de C_p , es el índice de capacidad del proceso, siendo el valor de 0.37, lo que indica que el proceso no tiene la capacidad suficiente para el cumplimiento de las especificaciones, de la misma manera se tiene el C_{pk} , que es la capacidad centrada en el proceso siendo su valor de 0.37, lo que significa que el proceso no está centrado bajo las especificaciones. También se tiene los valores de P_p , el cual es el índice de desempeño del proceso, siendo su valor de 0.28, lo que indica que existe bastante variabilidad en el proceso. De la misma manera de tiene el valor de índice de desempeño centrado del proceso, siendo su valor de 0.28, lo que indica que existe variabilidad en el proceso de envasado de quinua.

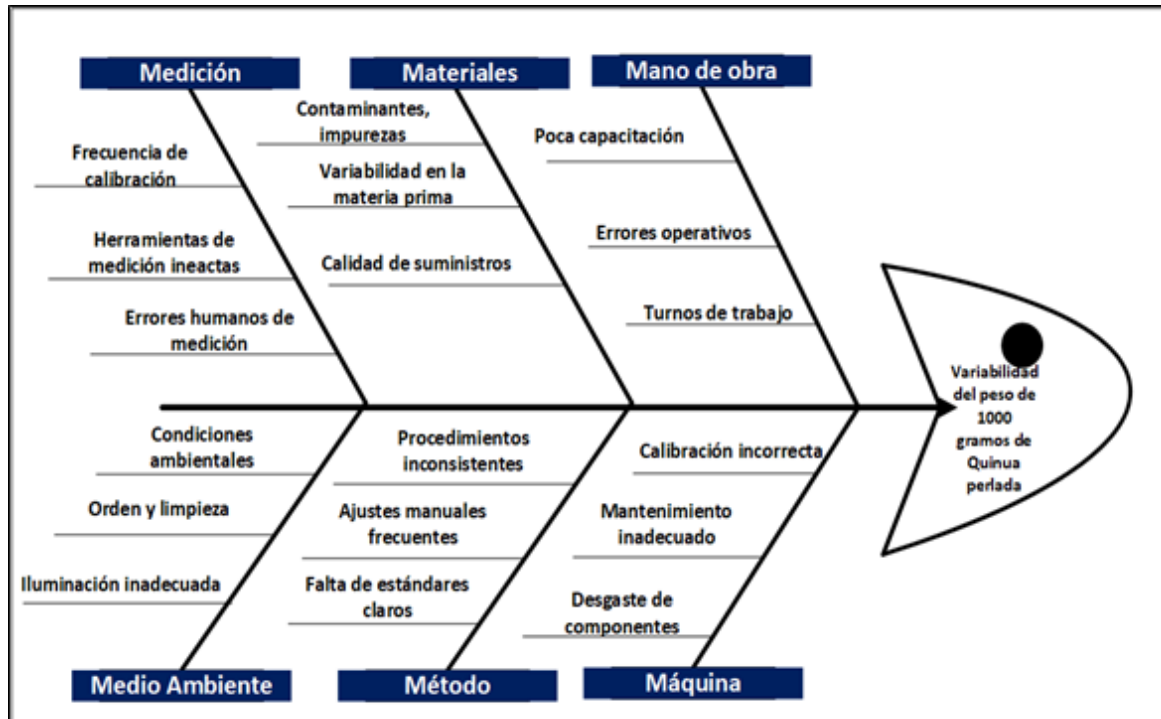
De ello, se pueden establecer oportunidades de mejora, que parten desde el análisis de la causa raíz, además de identificar las fuentes de variabilidad, mejorar la gestión del mantenimiento, así como la mejora de calibración, lo que permite reducir la variabilidad en el proceso de envasado. Otra estrategia es la capacitación del personal, lo cual permite seguir los procedimientos de forma estandarizada y mejorar la consistencia del proceso,

además de establecer los controles de calidad, para identificar las desviaciones del peso de quinua embolsada.

FASE DE ANALIZAR

Figura 17

Diagrama de Ishikawa



En el proceso de análisis de las causas se han determinado.

Tabla 6

Factor máquinas y equipos

Causas	Descripción
Calibración incorrecta	La máquina envasado no se encuentra calibrada de forma correcta, lo que genera variabilidad en el peso
Mantenimiento inadecuado	La falta de mantenimiento de normal regular en los equipos y máquinas, generar fallos y mal funcionamiento

Desgaste componentes.	Se genera piezas desgastadas lo que afecta en la precisión del envasado.
--------------------------	---

Tabla 7

Factor métodos

Causas	Descripción
Procedimientos inconsistentes	Se generan inconsistencias en los procedimientos operativos, además de variar los estándares durante el proceso de envasado.
Falta de estandarización	Lo que implica la ausencia de procedimientos adecuado para los procesos de envasado y las actividades de pesado.
Ajuste manuales de forma frecuente	Los procesos se hacen de forma manual esto con la intervención de la mano de obra en las maquinarias, lo cual no realiza de forma uniforme, a la vez los resultados no son los mismos.

Tabla 8

Factor materiales y materia prima

Causas	Descripción
Variabilidad de materia prima	Esto debido a la variación de la densidad de la quinua como materia prima y a la variación de la humedad que tiene el grano.

Calidad del suministro	Esto debido a la variación de proveedores que quinua, los cuales son acopiadores y productos principal.
Impurezas y contaminantes	Esto debido a la existencia de impurezas dentro del producto bruto, impurezas y desperdicios presentes conjuntamente con el grano de quinua.

Tabla 9

Factor Mediciones

Causas	Descripción
Herramientas de mediciones inexactas	Esto debido a las basculas y equipos de medición que en ocasiones no se encuentran calibrados.
Errores humanos en las actividades de medición	Esto debido a las inconsistencias producidas en la medición, la cual se hace de forma manual
Calibración frecuente	La falta de calibración frecuente puede afectar la precisión de las mediciones.

Tabla 10

Factor mano de obra

Causas	Descripción
--------	-------------

Capacitaciones insuficientes	No se cuenta con la programación adecuado de las capacitaciones, además para las operaciones de envasado y el pesado
Turnos de trabajo	Esto por las variaciones con el rendimiento en las operaciones y los turnos de trabajo.
Errores en operaciones	Siendo estas operaciones propias del proceso de envasado

Tabla 11

Factor medio ambiente

Causas	Descripción
Condiciones ambientales	Se producen variaciones de temperatura y humedad, lo cual influye bastante en la variación del peso
Orden y limpieza	Siendo los áreas de trabajo que se desorden, se producen errores y contaminación del producto, lo cual afecta a la calidad.
Inadecuada iluminación	La mala iluminación influye en la correcta inspección en el proceso de envasado.

Los 5 porqués.

Tabla 12

Herramientas 5 porqués.

Preguntas	Respuestas
1 ¿Por qué existe variación en el peso de quinua embolsada?	Porque las bolsas no tienen la consistencia de la cantidad precisa de 1000 gramos de quinua.
2 ¿Por qué las bolsas no contienen la consistencia de la cantidad precisa de 1000 gramos de quinua?	Porque la máquina de envasado no está dosificando la cantidad exacta de quinua en la bolsa.
3 ¿Por qué la máquina de envasado no está dosificando la cantidad exacta de quinua en la bolsa.?	Porque la calibración de la maquina dosificado no se ha mantenido de la forma correcta y oportuna
4 ¿Por qué la calibración de la maquina dosificado no se ha mantenido de la forma correcta y oportuna?	Porque no se tiene un plan de mantenimiento adecuado que permita establecer un mantenimiento preventivo para la maquina dosificadora.
5 ¿Por qué no se tiene un plan de mantenimiento adecuado que permita establecer un mantenimiento preventivo para la maquina dosificadora?	Porque no se tiene un responsable para establecer los procedimientos adecuado para realizar el mantenimiento.

Entonces, respecto a la solución de la mejora, se deben de establecer un programa de mantenimiento basado en la prevención, a la vez asignar responsables para ejecutar estas acciones y establecer la capacitación del personal, a la vez establecer acciones de control, monitoreo y seguimiento.

AMFE.

Tabla 13

AMFE

Actividad	Modo de fallo	Fallo	Causas	G	O	D	NRP	Acciones de mejora
Calibración de maquina envasadora	Incorrecta calibración de máquina dosificadora	Peso incorrecto de las bolsas de quinua	Falta de mantenimiento rutinario	8	7	6	336	Establecer un programa rutinario de mantenimiento y calibración
Sensores de peso	Sensores defectuosos	Mediciones inexactas	Desgaste de componente o mala instalación	7	6	5	210	Inspeccionar y reajustar los sensores defectuosos y capacitar al personal
Operación de máquina	Ajuste manual inadecuado	Variaciones en el peso de bolsa	Falta de capacitaciones del personal	5	5	6	150	Capacitar la personal en procedimientos de operación estándar

Materia prima	Variabilidad de la densidad de la quinua	Inconsistencia en el peso de embolsado	Variación de calidad de suministro	de	7	5	4	140	Establecer los control de calidad de materia prima y desarrollar la gestión de proveedores
Condiciones ambiental,	Variaciones de temperatura y humedad	Influencia en la precisión de maquinas	Control ambiental insuficiente		5	6	4	120	Implementar los control de actores ambiental en el área de envasado
Sistemas de medición	Básculas descalibradas	Datos inexactos de peso	Falta de calibración regular	de	8	6	5	240	Implementar las calibración de basculas y el sistema de medidas.
Procedimiento de mantenimiento	Falta de procedimientos estandarizados	Inconsistencia en el funcionamiento de la maquina	Ausencia de procedimiento de mantenimiento	de	7	5	5	175	Desarrollar la documentación y el desarrollo de procedimientos estandarización de mantenimiento.
Control de calidad	Falta de inspecciones rutinarias	Defectos no detectados anticipadamente	Proceso de control de calidad inadecuados	de	6	5	6	180	Mejorar los proceso de control de

calidad e

inspección

Entonces para ello se recomienda:

- Establecer programas de mantenimiento y calibración
- Efectuar programas de capacitación del personal.
- Realizar el control de calidad de las materias primas
- Realizar el control ambiental
- Realizar las inspecciones y reemplazo de sensores
- Mejorar los procesos y actividades de control de calidad.

FASE DE MEJORAR

Lluvia de ideas.

Tomando en consideración las estrategias del AMFE y su respectiva descripción de las actividades se tiene:

- Establecer programas de mantenimiento y calibración
 - En el cual se debe establecer la programación de mantenimiento preventivo y sobre las actividades de calibración de máquinas y los ajustes de sistema de medición.
 - La capacitación del personal de mantenimiento para efectuar las calibraciones de forma regular y más exactas.
- Efectuar programas de capacitación del personal.
 - Para ello generar los procedimientos adecuado para el manejo y las operaciones de las máquinas.
 - Fomentar la familiarización de los procesos de trabajo y mantenimiento de equipos y máquinas hacia todo el personal.
- Realizar el control de calidad de las materias primas
 - Generar el plan de implementación de los controles de calidad, basado en el control de la densidad, humedad y otras propiedades de la quinua

- Generar la gestión adecuada de los proveedores para generar mejores estándares de calidad basado en la uniformidad
- Realizar el control ambiental
 - Implementar los controles de clima y ambiente en las áreas de trabajo para mantener la consistencia de temperatura y humedad.
 - Realizar los monitoreos de las condiciones ambiental para el ajuste de las máquinas para reducir las variaciones en el peso debido a factores ambientales.
- Realizar las inspecciones y reemplazo de sensores
 - Mejora de las inspecciones de sensores de peso y el reemplazado en caso sea necesarios o se encuentre defectuosos,
 - Asegurar la instalación correcta de los sensores
- Mejorar los procesos y actividades de control de calidad
 - Mejorar los procesos de inspección el control de calidad en cada etapa del ciclo producto con el fin de reducir las fuentes que producen variabilidad del peso
 - Implementar las autorías sobre la calidad de forma periódica para la resolución de problemas recurrentes.

Estandarización del proceso de envasado de quinua perlada de 1000 gramos.

La estandarización de procesos es importante para tener la consistencia correspondiente de calidad del producto final.

Procedimiento operativo estándar – POE

Tabla 14

Procedimiento operativo estándar – POE

Procedimiento operativo estándar POE	
Objetivo	Establecer un proceso estandarizado para el envasado de quinua perlada de 1000 kg que minimice la variabilidad del peso

Alcance	Este POE se aplicada para todos los colaboradores que estén involucrado en el área de envasado de quinua de la planta de producción.
Descripción del proceso	
1. Recepción y almacenamiento de materias primas	
Inspección	Inspeccionar el producto (quinua perlada) en su llegada para el aseguramiento del cumplimiento de todos los estándares de calidad como materia prima
Almacenamiento	El proceso de almacenamiento de quinua se hace en un área de control, en especial de la temperatura y de la humedad, con el fin de preservar sus propiedades y su calidad.
2. Preparación para el envasado	
Calibración de la máquina dosificado	Es importante calibrar el peso y la velocidad de envasado, dentro de los valores determinados por la máquina, antes del inicio de trabajo de envasado, a la vez tener el registro y control de los resultados de calibración
Limpiezas y mantenimiento	En ello se debe de asegurar que la máquina de envasado este limpia y con un buen estado de funcionamiento.
3. Envasado	
Configuración de máquina	Es necesario ajustar la máquina de envasado para que la bolsa contenga el peso estándar de 1000 gramos de quinua perlada
Control de peso	Para ello se debe implementar el sistema de forma automáticas para el control de peso y la verificación de cada paquete durante el proceso de envasado.

Corrección de desviaciones	de	Para ello se debe configurar los sensores y ello generar la alerta necesaria para la detección de variabilidades de peso especificado, para su corrección respectiva.
----------------------------	----	---

4. Control de calidad

Inspección		La inspección debe ser aleatoria, o de forma rutinaria por cada hora, esto permite el aseguramiento del peso de cada bolsa según lo establecido.
------------	--	--

Registro de datos	de	Se debe de mantener los registros de forma detallada, así como las inspecciones y las calibraciones realizadas.
-------------------	----	---

5. Empaque y almacenamiento

Sellado		Se debe de asegurar que cada bolsa debe estar correctamente sellado con el fin de preservar las calidad de la quinua.
---------	--	---

Etiquetado		Sebe etiquetar la bolsa con las fechas de envasado y los lotes correspondiente.
------------	--	---

Almacenamiento		Se debe de almacenar los paquetes en base a las condiciones óptimas hasta su respectiva distribución.
----------------	--	---

Especificaciones de las capacitaciones:

Tabla 15

Estándares de capacitaciones.

Programa de capacitaciones

Objetivo		Asegurar que todos los colaboradores estén debidamente capacitados en base al POE y sobre la importancia de la consistencia del peso del producto.
----------	--	--

Contenido del programa		
------------------------	--	--

Importancia de los estándares	de	La importancia de la estandarización se debe de explicar en base a la estandarización y la mejora de la calidad y la consistencia del producto final.
Uso y calibración	de	La forma detallada de calibración, así como el uso de básculas para la medición de muestreo de lotes.
Operatividad de máquinas	de	La capacitación de forma práctica para cada operaciones, además de los ajustes necesarios de las máquinas de envasado.
Controles de calidad	de	Los procedimientos correctos de inspección y de los registro de datos, en base a la producción.
Evaluación de competencias		
El proceso de evaluación al personal con el fin de garantizar la comprensión y asimilación de los procedimientos estandarizados implementados.		
Monitoreo y mejora continua		
Inspección de registros	de	Es la manera y frecuencia de inspección de los registros de calibración, inspección y de producción
Auditorías internas		Son la aplicación de auditorías internas en forma periódica, que garantice el cumplimiento de los POE.
Indicadores de desempeño	de	Es la fase de establecimiento de indicadores para el monitoreo de variabilidad de peso y eficiencia, tales como los índices de capacidad de proceso.
Mejora continua		
Análisis de los datos	de	Se debe de analizar los datos recolectados para determinar las posibles soluciones

Retroalimentación del personal	Se debe de recoger las retroalimentaciones del personal en base a las operaciones, con el fin de identificar los problemas y las recomendaciones
Revisión y actualización del	Se debe de actualizar los procedimientos estándar, en base a la retroalimentación y al análisis de datos.
POE	
Implementación de tecnológica y automatización	
Método de control de pesos	La implementación de sistemas autónomas de control, que son parte de las máquinas tecnológicas, las cuales deben de analizarse en tiempo real, a fin de corregir las desviaciones.
Monitoreo remoto	Se debe de utilizar las tecnologías de monitoreo remotos, con el fin de supervisar el proceso de envasado en tiempo real.
Software de gestión de calidad	La aplicación de herramientas digitales permiten hacer el registro de datos para su posterior análisis y emitir las notificaciones y alertas en caso de desviación del proceso.
Ejecución y seguimiento	
Control	Se debe establecer el control de resultados del proceso estandarizado, para la identificación de futuros problemas y tener los ajustes necesarios para la implementación
Implementación	Se debe desplegar el proceso estandarizado en base a la planta de producción
Post implementación	
Evaluación	Realizar al evaluación en base a los resultados iniciales, con el fin de asegurar los logros de objetivos en base a la reducción de variabilidades

Ajustes	Se debe ejecutar las acciones basada en monitoreo y la forma de evaluar los resultados.
---------	---

FASE DE CONTROLAR

La aplicación de medición del lote final, con el fin de establecer y comparar los resultados de variabilidad del peso de cada bolsa de quinua perlada para su presentación de 1000 gramos.

Tabla 16

Recolección de datos lote final

	1	2	3	4	5	Rango	Media (X)
1	999.6	999.8	997.8	1002.3	1001.4	4.5	1000.18
2	992.5	992.5	999.4	1001.9	999.8	9.4	997.22
3	1003.1	1002.3	1005.9	995.9	997.6	10	1000.96
4	1004.6	1005.5	1006.9	999.6	999.8	7.3	1003.28
5	1002.3	1000.5	998.6	992.5	992.5	9.8	997.28
6	999.8	1001.8	998.5	1003.1	998.7	4.6	1000.38
7	1003.5	1000.2	996.6	1004.6	999.2	8	1000.82
8	1004.5	1004.9	1001.2	998.6	999.8	6.3	1001.8
9	1001.2	1002.5	1005.9	995.9	1004.5	10	1002
10	998.5	998.7	996.8	1006.9	1002.1	10.1	1000.6
11	1000.8	998.5	998.4	996.8	998.4	4	998.58
12	999.1	998.7	1001.5	1004.1	999.5	5.4	1000.58
13	1000.2	1000.5	999.6	999.8	998.9	1.6	999.8
14	998.6	1001.3	998.6	996.6	998.7	4.7	998.76

15	1002.3	999.6	1003.5	1001.2	998.6	4.9	1001.04
16	1003.8	999.1	999.6	999.8	995.9	7.9	999.64
17	1000.5	1001.2	992.5	992.5	998.6	8.7	997.06
18	996.8	1002.2	1003.1	1002.3	999.8	6.3	1000.84
19	1003.6	999.8	1004.6	1005.5	999.4	6.1	1002.58
20	998.2	1001.2	1002.3	1005.1	999.5	6.9	1001.26
21	1004.9	1002.3	1000.9	1000.2	1000.8	4.7	1001.82
22	1003.2	1003.8	998.3	1003.6	1002.5	5.5	1002.28
23	1000.5	1002.3	998.9	998.9	998.9	3.4	999.9
24	998.9	1005.5	1001.1	1000.3	999.8	6.6	1001.12
25	1000.2	1000.5	999.6	996.6	998.7	3.9	999.12
26	999.5	999.2	1001.2	1000.2	998.6	2.6	999.74
27	999.1	1003.2	999.8	1005.9	995.9	10	1000.78
28	999.8	1001.8	999.6	999.8	1000.1	2.2	1000.22
29	999.8	1000.2	992.5	992.5	1000.5	8	997.1
30	999.9	999.3	1003.1	1002.3	1001.3	3.8	1001.18
31	998.2	1009.2	1004.6	1005.5	999.6	11	1003.42
32	1004.9	1002.3	1003.2	1003.8	999.1	5.8	1002.66
33	1003.2	1003.8	1000.5	1000.5	1001.2	3.3	1001.84
34	1000.5	1000.5	998.8	999.8	1002.2	3.4	1000.36
35	1000.7	999.8	999.2	999.3	1000.9	1.7	999.98
36	1000.2	1000.5	999.8	999.5	1002.9	3.4	1000.58
37	999.5	999.2	1000.3	1000.2	1000.2	1.1	999.88
38	999.1	1003.2	999.6	999.5	1003.2	4.1	1000.92

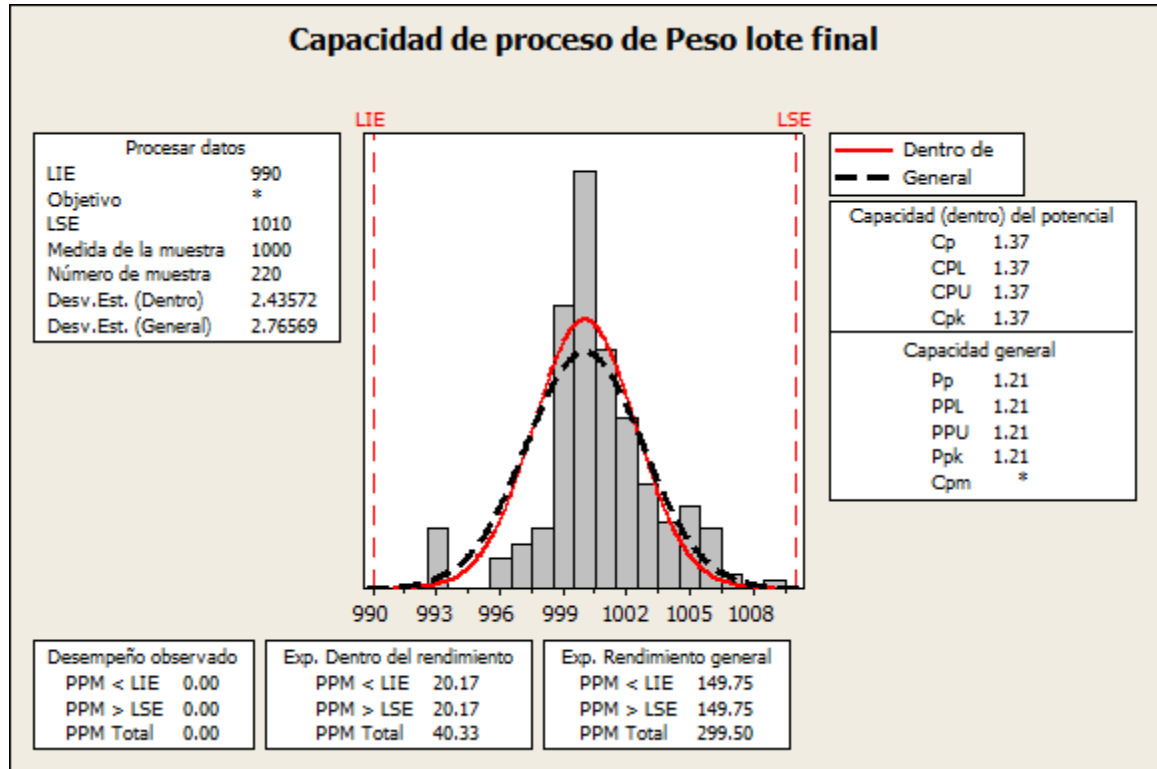
39	999.3	998.9	1001.2	1000.6	999.3	2.3	999.86
40	1000.2	1001.2	1002.3	999.6	999.8	2.7	1000.62
41	1000.5	1000.3	1001.5	999.8	998.9	2.6	1000.2
42	1000.1	998.3	999.8	1003.1	1002.3	4.8	1000.72
43	1000.2	1002.3	1000.1	1004.6	1005.5	5.4	1002.54
44	1000.6	1002.3	1000.3	1002.3	1000.3	2	1001.16
						5.47	1000.52

Nota: Se tiene una media de rangos de 5.47 gramos, es decir hay variabilidad importante en el gramaje, además se tiene una media de 1000.52 gramos en el peso, pero se observación bastante dispersión entre los valores.

Determinación de la capacidad de proceso de envasado.

Figura 10

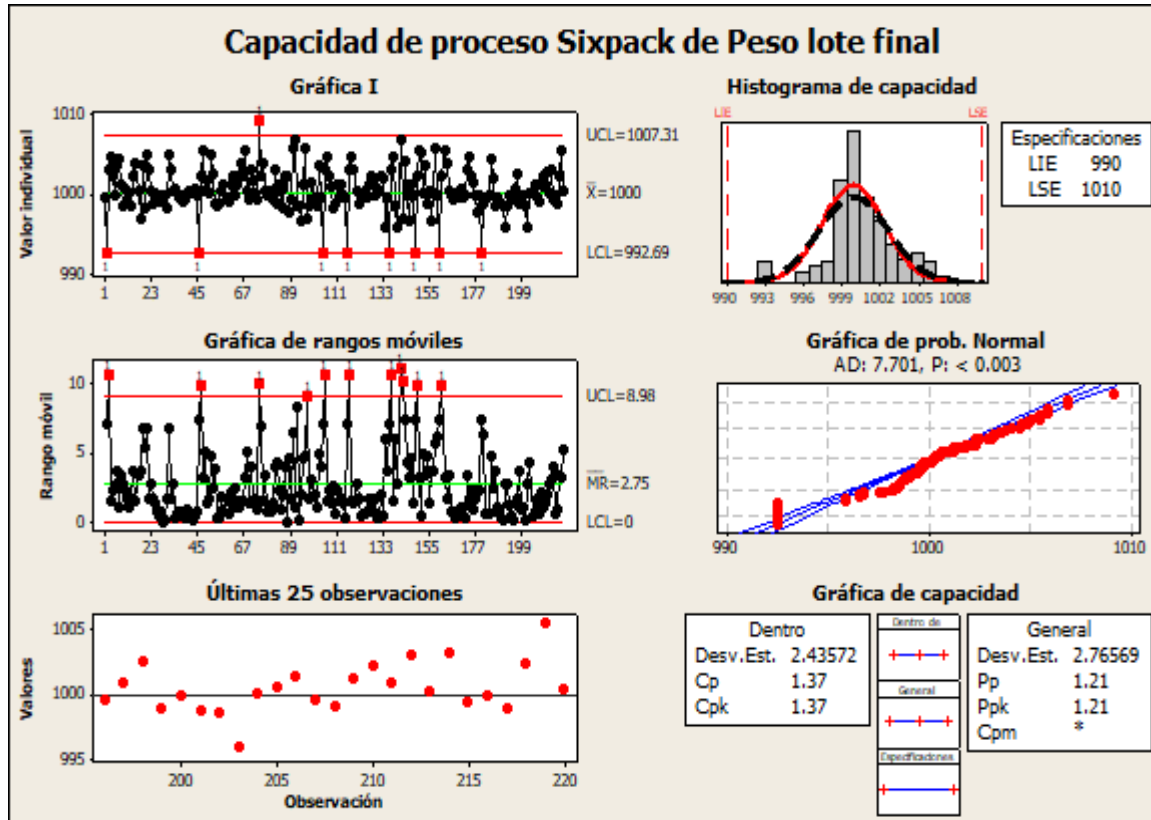
Capacidad de proceso de pesos de lote final



Del histograma se aprecia que muestra una distribución de pesos de las muestras, siendo los límites establecidos por líneas verticales de color rojo, siendo esto 990 y 1010 gramos para los límites inferior y superior respectivamente, en esta gráfica se aprecia que la distribución tiende a centrarse en comparación con la gráfica anterior de la primera medición.

Figura 11

Capacidad de proceso sixpack de pesos de lote final



En la figura se muestra la capacidad del proceso mediante la gráfica Six Pack, esto para el peso de lote final de quinua, en la cual se han aplicado algunas mejoras, siendo ellas.

- La gráfica I, de los valores individuales muestra los puntos negros que don las mediciones individuales para las muestras de quinua, además de la línea central de 1000 gramos que es la media establecida, se tiene límites de control inferior y superior de 992.69 y 1007.31 gramos respectivamente.
- En la gráfica de rangos móviles (MR), en la que los puntos representan las variaciones entre dos mediciones consecutivas, para ello se aprecia una línea central de valor 2.75, siendo ella la media de los rangos móviles, de la misma manera se tiene valores de 8.98 y 0, como límites del control superior e inferior, lo cual indican los rangos esperados de variabilidad del rango móvil.

- El gráfico de las 25 últimas observaciones, muestran los puntos rojos donde se ven los valores individuales de las 25 últimas observaciones o mediciones del lote. En el cual se observa la tendencia en la reducción de la variabilidad respecto a la primera medición del lote.
- En el histograma de capacidad, se aprecia los pesos de las muestras, en la cual se cuentan con las líneas límite superior e inferior de 1010 y 990 gramos, en el cual se aprecia que la curva superpuesta de distribución normal de datos, se nota que está más centrada y ajustada según las especificaciones.
- En la gráfica de probabilidad normal, la cual se representan por medio de puntos rojos, siendo ellos los datos observados, además se tiene una línea azul, la cual representa la distribución normal teórica, además de los valores de AD (Anderson-Darling), siendo este estadístico el que mide el ajuste de la distribución de los datos respecto a una distribución normal, siendo este valor de $p < 0.003$, lo que implica que no se cuenta con una distribución normal de datos. Sin embargo, en el referente al histograma, el proceso tiene tendencia a asumir una normalidad en los datos.
- En referencias a la gráfica de capacidad, se aprecia que el valor de C_p y $C_{pk}=1.37$, siendo el valor de C_p de 1 el cual indica que el proceso tiene una capacidad adecuada en el cumplimiento de las especificaciones, además que el proceso está centrado respecto a las especificaciones. Además de los índices de P_p y P_{pk} , que tienen valores de 1.21, lo que indica un poco de variabilidad en el proceso, es decir se cuenta con buen desempeño en relación a la variabilidad y el centrado de datos.

Entonces, como retroalimentación, el proceso de mejora continua, debe tomar en consideración el mantenimiento de las prácticas de mantenimiento rutinario y calibración adecuada de la máquina de envasado, a ellos se suma la supervisión de forma continua, que permita mantener los límites de control y las especificaciones correspondientes, además de la aplicación de la capacitación continua, que está basado en mejorar los procedimientos estandarizados y con ello mantener la consistencia del proceso, además la gestión de proveedores para asegurar la calidad desde el acopio de materia prima.

5.3. Conclusiones

Se ha determinado el impacto de la aplicación de la metodología DMAIC en los procesos operativos de la empresa Agroandina Puno SAC, lo cual implica logra mejores resultados, la reducción de variabilidad, puesto que se tenía una desviación estándar de 11.96 gramos en la primera medición, lo cual se ha reducido a 2.77 gramos, siendo un resultado importante en la disminución de variabilidad de peso de quinua embolsada.

Se ha definido el problema principal para el análisis de la metodología DMAIC, siendo ello la existencia de variabilidad del peso de producto final de 1000 gramos de quinua perlada, esto aplicando herramientas como Project Charter, mapa de procesos, VOC del cliente, diagrama SIPOC,

Se ha medido los parámetros del proceso actual e identificar las variabilidades, en el cual se ha centrado en el peso de bolsas de quinua envasados, en su presentación de 1000 gramos, a ello se ha pesado un total de 220 muestras, la cual se ha estimación en base a 500 bolsas de quinua perlada de forma probabilística, para ello se ha aplicado la observación directa de los hechos.

Se ha analizado los datos y la información recolectada para determinar las causas raíces del problema, esto por medio del diagrama de Ishikawa, así como las herramientas de los 5 porqués, lo cual ha permitido determinar los factores que producen las variabilidades en los procesos de

Se logró la mejora del proceso mediante la aplicación estrategias como la capacitación del personal en el área de envasado, además de la establecer procedimientos adecuados para la realización de las actividades en el proceso, establecer las acciones de mantenimiento preventivo y rutinario que permiten mejorar la disponibilidad de la maquinas, así como su calibración.

Se logró establecer las medidas de control de los procesos y asegurar su mantenimiento a largo plazo mediante sistemas de control y seguimiento, el cual se ha determinado con la nueva capacidad del proceso que se ha incrementado de 0.37 a 1.37.

5.4. Recomendaciones

Se recomienda establecer otros problemas, basados en otras características del producto que influyen en la variabilidad de pesos de bolsas de quinua en su presencia de 1000 gramos, además de definir los objetivos en base a reducción e variabilidad, lo que permite tener un alcance como proyecto de mejora, a la vez fortalecer el trabajo previo del equipo de trabajo, basándose en el mismo proceso.

Se recomienda establecer un procedimiento de recolección de datos, en base a las herramientas de medición, con el fin de establecer las líneas base de trabajo, además de seguir monitoreando la capacidad del proceso.

Se recomienda la identificación de la causa raíz, en base a otras herramientas y técnicas como la validación de hipótesis, el cual permite corroborar la teorías y resultados en base a experimentos controladores, estudios de correlación, análisis de causas y efectos, entre otros. Otra opción es el uso de ANOVA que es un estadístico de regresión, que permite ver las relaciones entre varias variables y el impacto que tiene en el peso del producto.

Se recomienda, en la fase de mejora, la aplicación pruebas a escala piloto, el cual permite ver la efectividad de las mejoras de forma concreta y medir su impacto en un mediano o corto plazo.

Se recomienda, la aplicación de planes de contingencia en base a las mejoras implementadas que implican el desarrollo de estrategias para el tratamiento de toda desviación del proceso de forma oportuna y precisa.

5.5. Referencias bibliográficas

Aguirre, D. F. (2019). *Estandarización del proceso del área de inyección de productos plásticos en la empresa Texticom. Cia. Ltda.*
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9376>

- Aizaga, R., & Arreaga, A. (2021). *Diseño e implementación de Six Sigma para la mejora del proceso de secado la empresa Secado y Tratado de Madera CIA. LTDA.* 1–89. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22731/1/UPS-GT003777.pdf>
- Almeida, S., & Cevallos, D. (2022). *Aplicación de la metodología Six Sigma para evaluar la calidad en la prestación de servicio de la empresa EMELNORTE.* <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13422>
- Angamarca, J. (2019). *Diseño del control estadístico de calidad en la línea de producción de sacos de lana de la empresa GABYTEX mediante la metodología DMAMC para el mejoramiento de la capacidad del proceso.* <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9261>
- Benalcázar, A. V. (2021). *Propuesta de aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia de los procesos productivos en la empresa "Tejidos Parwall" ubicado en Atuntaqui.* <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11057>
- Blandón, M. (2021). *Estudio de caso: Desarrollo de una metodología (DMAIC o Seis Sigma) para evaluación de mermas de materia prima en la planta de alimentos balanceados de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.* <https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/65e21c56-5b41-41b9-805c-a039ec8f5774/download>
- Bravo, P. (2015). *Aplicación de la metodología DMAIC para la mejora de producción y reducción de pérdidas en la fabricación de manjar.* <http://repositorio.udec.cl/xmlui/handle/11594/1542>
- Buestán, M. (2013). *Aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado.* 1–10. <https://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP135.pdf>
- Cabezas, J. L. (2021). *Propuesta de aplicación de la metodología Lean Six Sigma para reducir el reproceso en la empresa de confección "Acuatex" ubicado en la ciudad de Atuntaqui.* <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10863>
- Carrión, G. (2021). *Mejora del proceso productivo de una empresa piladora de arroz en Jaén para incrementar el nivel de servicio.*

- <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027><https://www.golder.com/insights/block-caving-a-viable-alternative/>
- Castro, S. M., Cerveleón, L. J., Peñaranda-Ayala, Z., & Nieto-Sánchez, Z. (2021). Seis sigma para la solución de problemas de la calidad. Caso de estudio proceso de envasado de café molido Six sigma for quality problem solving. Case study ground coffee packaging process. *Mundo Fesc*, 11(S4), 170–189. <https://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP135.pdf>
- Ceballos, D., Osorio, J., & Zapata, L. (2022). *Implementación de una máquina empacadora de grano de producción personal en el marco del proyecto Mecanos para La Paz*. 1–63. https://repositorio.pascualbravo.edu.co/bitstream/pascualbravo/1899/1/Rep_IUPB_Tec_Ele_Empacadora_Grano.pdf
- Conterón, J. L. (2021). *Mejora de procesos basado en la metodología DMAIC para la empresa Gisell ubicada en la Ciudad de Otavalo*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11569>
- Coque, P. (2019). *Diseño de un modelo de control de calidad basado en la metodología Six Sigma para la empresa Productos Lacteros SA*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15553>
- Córdova, F. (2020). *Diseño de un sistema de control estadístico de la calidad para el área de producción en la fábrica de medias Gardenia*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10511>
- Cruz, D. (2019). *Aplicación de lean six sigma para la reducción de costos operativos en la industria restaurantera*. 7. [http://repositorio.uca.edu.sv/jspui/bitstream/11674/3822/1/Revista CONIA 2019 2020-04-N21 %281%29.pdf](http://repositorio.uca.edu.sv/jspui/bitstream/11674/3822/1/Revista_CONIA_2019_2020-04-N21%281%29.pdf)
- Desimavilla, E. (2021). *Propuesta metodológica DMAIC para la disminución de defectos en el proceso de envasado de agua de una industria bebidas*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21464/1/UPS-GT003543.pdf>
- Donderis, L., Martínez, A., Nagrani, R., Zachrisson, C., & Barría, N. (2019). Aplicación de las tres primeras etapas de la metodología DMAIC para identificar la causa principal de

- la merma en el proceso de producción de las tortillas de harina de trigo. *Revista de Iniciación Científica*, 5, 48–53. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v5.o.2369>
- Espinosa, C. (2023). *Aplicación del ciclo DMAIC para la disminución del sobrepeso en el área de empaqueo de galletas, en una empresa de alimentos de la ciudad de Quito*. 506, 1–93. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26607>
- Franco, I. (2018). *Aplicación de metodología DMAIC para la reducción de defectos en la liberación de producto terminado*. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstreams/c134d5c4-5d91-4doe-8e71-9c42d230cfb6/download>
- González, M., & Tejada, M. (2020). *Desarrollo de la metodología Six Sigma para reducir la variabilidad en el peso del producto final en la empresa Solagro S.A.C.* https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/6555/1/REP_ING.IND_MA.RIA.GONZALEZ_MANUEL.TEJADA_DESARROLLO.METODOLOGIA.SIX.SIGMA.REDUCIR.VARIABILIDAD.PESO.PRODUCTO.FINAL.EMPRESA.SOLAGRO.pdf
- Guerrero, J. (2020). *Disminución del tiempo de producción y mantenimiento de la productividad de la empresa Luisa Postres utilizando la metodología Six Sigma y el ciclo DMAIC*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/6a035a78-ec00-4096-93d3-f2f2bfb54c95>
- Horna, J. F., & Patiño, E. F. (2017). *Diseño de un plan de acción para la reducción del tiempo de proceso en la elaboración de gragea #2 en la empresa Alimentos Angelita Ltda*. 1–54. https://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/4651/1/Reduccion_Tiempo_Elaboracion_Horta_2017.pdf
- Huamaní, H. (2018). *Diseño, construcción y puesta en marcha de un secador solar tipo invernadero de quinua en la empresa Wari Group SAC en Ayacucho*. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/864d29c5-8081-455b-a5eb-e706e5a9688e>
- IICA. (2016). *La prospectiva de la quinua. Mercado y la producción de Quinua en el Perú. El mercado y la producción de quinua en el Perú*.

- <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2652/BVE1703873oe.pdf;jsessionid=E25B09773975A1D90721990CAD66F2B9?sequence=1>
- Juárez, J. (2018). *Implementación de la metodología DMAIC para la mejora de un proceso productivo en una empresa del ramo logístico*. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/16060/Tesis - Javier Juarez.pdf?sequence=1>
- Maceda, M. (2022). *DMAIC para la reducción en costos de última milla en la empresa de alimentos* *Qualtia*. 1(2), 11–16. [https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes9no2vol1/2 DMAIC para la reducción en costos.pdf](https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes9no2vol1/2%20DMAIC%20para%20la%20reducci3n%20en%20costos.pdf)
- Montoya, S. (2023). *Mejora de indicadores de calidad del plátano de exportación a través del control estadístico de las operaciones en la compañía Agrocaribe SA*. 1–103. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13463>
- Nieto, M. (2022). *Implementación de un sistema de gestión de la producción Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la empresa Nieto Rosales productora de Licores*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13257>
- Paredes, R. (2021). *Aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de secado de la elaboración de harina de pescado en una empresa exportadora*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/52585?locale-attribute=en>
- Parra, A., Hinojosa, C., Chacara, A., & Galván, A. (2024). *Mejora del rendimiento de procesos en una empresa de alimentos: Aplicación del Método DMAIC*. <https://revistainvestigacionacademicasinfrontera.unison.mx/index.php/RDIASF/article/view/649>
- Pérez, D. (2022). *Mejora del proceso de producción basado en la metodología Lean-Six Sigma en la empresa Indumei ubicada en la ciudad de Ibarra*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12756>

- Portal, C. (2020). *Propuesta de diseño de un plan de mantenimiento en la línea 3 de envasado de una empresa cervecera para incrementar la productividad*.
<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4282>
- Pozo, E. (2019). Implementación de la metodología DMAIC para la mejora de capacidad de producción en la elaboración de prototipos de madera plástica. .
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9401>
- Quispe, N. (2022). *Efecto de la humedad inicial y presión en el rendimiento y aceptabilidad de la quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) expandida*.
<https://repositorio.unh.edu.pe/items/f689e460-f182-4a5b-af62-06d65a5903c9>
- Ramírez, D. (2019). *Herramientas y técnicas de mejora de la calidad en la industria de alimentos latinoamericana y su aporte a la competitividad organizacional*.
<http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8507/1/01396-2021-l-GC.pdf>
- Rodas, J. (2020). *Caracterización de propiedades fisicoquímicas y funcionales de un producto en polvo a partir de la hoja de quinua (Chenopodium quinoa)*. 1–55.
[https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7295/Rodas Narvaez Jhonny Javier.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7295/Rodas%20Narvaez%20Jhonny%20Javier.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Romero, M. P. (2010). *Mejora de la eficiencia operacional de una máquina de envasado mediante TPM. plan 98, 153*.
[https://repositorio.utec.edu.pe/bitstream/20.500.12815/93/1/Inga_Jean Carlos.pdf](https://repositorio.utec.edu.pe/bitstream/20.500.12815/93/1/Inga_Jean%20Carlos.pdf)
- Rubio, R. (2016). *Aplicación de la metodología Lean Seis Sigma en la industria de alimentos : caso de estudio del proceso de llenado de cubos*. 1–153.
<https://ri.iberro.mx/handle/iberro/935>
- Salvador, R. (2014). Aplicación de la metodología DMAIC al proceso de elaboración de harina residual de pescado. *Twelfth Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI 2014), SP031, 1–10*.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8604>

- Sánchez, H., Chavez, M., Cucuri, M., Estanga, M., & Molina, L. (2020). *Metodología 6 sigma para la optimización de procesos agroindustriales*. 41(32), 39–48.
<https://www.revistaespacios.com/a20v41n32/a20v41n32p04.pdf>
- Santillan, B. (2019). *Mejora del proceso de envasado de galoneras de yogurt en la planta industrial de Ate para optimización de rendimientos*. 1–80.
<https://repositorio.usil.edu.pe/bitstreams/a53ac5f3-c2ad-46ef-ad6a-e0c2fc4a5325/download>
- Toledo, M. (2011). Principios de control de peso. Elaboración de un programa eficaz. *Nutrición y Dietoterapia*, 327–365.
https://www.mapersa.com/pdf/MT_Hi_Speed_Check_Weigher_Guide_2010.pdf
- Varas, C. (2010). *Aplicación de metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación de chocolate*. 86.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/111645>
- Vera, K. (2018). *Metodología Lean Six Sigma Para Mejorar La Eficiencia De Los Procesos Productivos De La Empresa "Corporación Textil Mishell."*
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8477?mode=full>

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA UN ENFOQUE DEL SISTEMA SIX SIGMA



Maxgabriel Alexis Calla Huayapa
Doctor en ciencias e ingeniería civil ambiental
Universidad Nacional de Juliaca
Docente Universitario
maxgabriel.calla@pucp.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-7041-9654>

Ricardo Aníbal Maldonado Mamani
Doctor en Ingeniería ambiental
Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez
Docente Universitario
maldonadomamani.r@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2886-1414>

Germán Alex Vizcarra Ugarte
Maestro en Administración de Negocios
y emprendimiento
Universidad Peruana Unión
Docente Universitario
germanalexvizcarra4@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8124-5373>

Juan Wilbert Farfan Casapino
Magister en Administración
Universidad Nacional de Juliaca
Docente Universitario
juanwfarfancasapino@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2166-7528>

Carlos Manuel Rodríguez San Román
Escuela de Educación Superior Toulouse
Lautrec
Docente Universitario
crodriguez@tls.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-9370-205X>