



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Implementación Metodológica DMAIC para la Reducción de
Producto No Conforme en una Empresa Procesadora de
Banano en la Provincia de El Oro”

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN GESTIÓN DE PROCESOS Y SEGURIDAD DE
LOS ALIMENTOS

Presentada por:

Cristhian Joel Cabrera Eras

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2024

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darme a una familia hermosa que me apoyo durante todo este trayecto, a mi director de proyecto, la Dra. Diana Montalvo, a mis padres Rosana Eras y Joel Cabrera, a mis hermanas Kerly Cabrera y Monica Cabrera, por su apoyo incondicional, a mi esposa Jenniffer Medina e hija Domenica Cabrera por siempre ser mi soporte y guiarme a lo largo de esta maestría.

DEDICATORIA

Este proyecto esta dedicado a
Jennifer Medina, mi esposa,
a mi hija Domenica Cabrera,
quienes tuvieron la paciencia de
entender mi ausencia en momentos
importantes.
Ustedes siempre han sido mi apoyo
y la razón por la cual sigo adelante,
no ha sido un camino fácil,
sin embargo, están alentándome
cada día para ser una mejor persona.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

DIRECTOR DE PROYECTO

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Cristhian Joel Cabrera Eras

RESUMEN

En la actualidad, los peligros dentro de área industrial más frecuentes son aquellos que se concentran en la parte física del producto terminado, considerando como principal factor desencadenante de fallas a la mal supervisión y control de tiempos dentro del proceso productivo. La presente investigación realiza una evaluación de aquellos eventos no previsible externos que afectan el incremento de producto no conforme o retenido de puré de banano, siendo este último el principal sustento de preocupación dentro de la Empresa Procesadora de Banano en la provincia de El Oro. La metodología permite mejorar el proceso productivo de la empresa, dado al uso del método DMAIC enfocado en un modelo Six Sigma, en donde se realiza un análisis del producto en Kg retenido durante el periodo 2023, y el cual se desarrolla a partir de una maquinaria que se encuentra conformada por dos boquillas. En el proceso metodológico DMAIC el problema principal que se identifica en la fase de definición es la cantidad extensa que presenta la empresa en cuanto a producto no conforme en el proceso del puré de banano. Los resultados permiten identificar que los principales factores que afectan al crecimiento constante del producto no conforme están vinculados con la desviación de caudal, el color y la consistencia del producto terminado, en donde su mayor concentración se enfocó en los meses de febrero, mayo y agosto. La fase de medición permitió identificar un proceso no estable y con problemas de capacidad, que a su vez permitió generar un análisis relevante de optimización de recursos, en donde con la implementación de un plan estratégico y valorando un target mensual de 2400kg en producto no conforme se tendrá una optimización de hasta el 85%. Se concluye determinando una optimización del proceso durante el primer protocolo del 65% de producto no conforme, considerando principal la supervisión y control constante de tiempos de producción.

Palabras claves: Productividad, optimización de procesos, evaluación de estrategias, minimización de riesgos.

ABSTRACT

Currently, the most frequent dangers within the industrial area are those that concentrate on the physical part of the finished product, considering poor supervision and time control within the production process as the main factors triggering failures. The present investigation evaluates those non-foreseeable external events that affect the increase in non-conforming or retained products of banana puree, the latter being the main source of concern within the Banana Processing Company in the province of El Oro. methodology allows to improve the company's production process, given the use of the DMAIC method focused on a Six Sigma model, where an analysis of the product in Kg retained is carried out during the period 2023, and which is developed from machinery that it is made up of two nozzles. In the DMAIC methodological process, the main problem that is identified in the definition phase is the extensive amount that the company presents in terms of non-compliant products in the banana puree process. The results allow us to recognize that the main factors that affect the constant growth of the non-compliant product are linked to the flow deviation, color, and consistency of the finished product, where its highest concentration was focused on February, May, and August. The measurement phase allowed us to identify a non-stable process with capacity problems, which in turn allowed us to generate a relevant resource optimization analysis, where with the implementation of a strategic plan and assessing a monthly target of 2400kg of non-compliant product there will be an optimization of up to 85%. It is concluded by determining an optimization of the process during the first protocol of 65% of non-conforming products, considering the constant supervision and control of production times as the main one.

Keywords: Productivity, process optimization, strategy evaluation, risk minimization.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO 2.....	4
2 MARCO TEÓRICO	4
2.1 Six Sigma	4
2.1.1 Desafíos en la Implementación de Lean Six Sigma	4
2.2 Metodología DMAIC	5
2.2.1 Pasos de la Metodología DMAIC.....	6
2.3 Herramientas utilizables para el proyecto	7
2.3.1 Mapa del Proceso.....	7
2.3.2 SIPOC	8
2.3.3 Diagrama de Pareto.....	8
2.3.4 Diagrama de barras	8
2.3.5 Análisis de Causa y Efecto (diagrama de Ishikawa).....	9
2.3.6 Pruebas de hipótesis	9
2.3.7 Control estadístico del proceso.....	9
2.4 Etapa de Implementación del Ciclo DMAIC	10
2.4.1 Lluvia de ideas.....	10
2.4.2 Diseño de experimentos (DOE)	10
2.5 Índice de capacidad del proceso.....	10
CAPITULO 3.....	12
3 METODOLOGIA.....	12
3.1 Definir el problema.....	12
CAPÍTULO 4.....	16

4	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	16
4.1	Medición de escalas	16
4.1.1	Análisis de Estabilidad.....	16
4.2	Analizar	18
4.3	Control.....	19
	CAPÍTULO 5.....	22
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22
5.1	CONCLUSIONES.....	22
5.2	RECOMENDACIONES.....	23
6	Bibliografía.....	24

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Las empresas de procesamiento de alimentos se esfuerzan por garantizar la salud de los consumidores obteniendo productos de alta calidad y seguridad. Sin embargo, durante la producción, pueden surgir productos no conformes que no cumplen con los estándares establecidos y los cuales representan riesgos significativos si no se manejan adecuadamente (Manobanda, 2021).

En este sentido, los productos no conformes son aquellos que no cumplen con las especificaciones de calidad, seguridad, o regulaciones aplicables y pueden ser el resultado de fallos en el proceso de producción, errores humanos, problemas con materias primas, o fallas en el equipo. Identificar, gestionar y corregir estos productos es crucial para conservar la integridad del proceso de producción y la reputación de la empresa (Fontalvo, De La Hoz, & Morelos, 2017).

Para abordar la problemática en procesos de producción, es esencial adoptar metodologías de mejora continua las cuales permiten identificar y abordar los puntos críticos del proceso para lograr mejoras significativas en términos de costos, calidad, capital y tiempos de entrega (Calderón et al., 2023). En este contexto, una de las metodologías del cual se tiene resultados buenos con respecto a la reducción de productos no conformes, es el método DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) que corresponde a una estrategia de mejora de procesos utilizada principalmente en Six Sigma (Michael, 2024).

Esta metodología fue creada para ayudar a resolver problemas de raíz de manera eficiente, dado que se enfoca en mejorar los procesos y reducir la variabilidad para eliminar defectos y errores, fue desarrollada por Motorola en la década de 1980 y su objetivo principal es alcanzar una calidad casi perfecta (Martin et al., (2023).

Hallazgos similares obtuvo Carrillo et al. (2022), en cuya investigación se utilizó la metodología DMAIC de Lean Six Sigma para reducción de ruido en una empresa industrial en un proceso productivo metal metalúrgico del distrito de Cartagena de Indias. Luego de consultar a los trabajadores y realizar la medición durante 10 días en cuatro zonas de la empresa, en los 10 puntos reportados por los trabajadores como ruido potencial, se identificó 7 puntos que superaron el nivel de ruido permitido. Para el

control, se efectuó una prueba de medias con muestras pareadas, la cual mostró que la disminución en los puntos fue significativa, determinando que la implementación de DMAIC donde incluye conjunto de acciones y herramientas estadísticas como permitió la obtención de los resultados favorables.

De igual manera, Camposano et al. (2024), en el estudio realizado en una empresa dedicada a producción de chocolates orgánicos, con el fin de mejorar la productividad y eficacia de sus procesos, el estudio se aplicó durante 26 días y considerando una muestra de 13 días para recolección y proceso de datos, como resultado se logró que mediante la implementación de la metodología DMAIC la productividad tuvo un aumento en promedio del 1,75%, es decir pasando del 92,32% al 94,07% luego de aplicar las mejoras.

Así mismo, Pérez et al. (2020), al implementar la metodología DMAIC para la resolución de problemas de calidad (mal posicionamiento del casquillo) durante el proceso productivo de cepillo, identificando falta de control de la calidad, debido a que existía el desprendimiento del cepillo al momento de jalar de manera manual del casquillo alcanzando un 70% de las fallas en el producto. Basándose en la técnica estadística con el método DMAIC, se pudo exponer a la empresa lo importante que es emprender mejoras en sus procesos. Como resultado se obtuvo mejoras favorables en el sistema de calidad y de producción, permitiendo reducir los costos, los retrabajos y tiempos de entrega hasta un 60%.

Un estudio realizado por Ingar (2023), se constató un nivel de defectos en torno a 50% en productos no conformes que entre 8 a 15 unidades, el porcentaje de defecto oscila aproximadamente entre 52 % y 80 % en el año 2021, basándose en el principio DMAIC, para mejora en los procesos de productividad, como resultado se ha obtenido que el índice de producto no conforme disminuyó de 51,68 a 19,47%.

Estos antecedentes, revelan la importancia de implementar herramientas y métodos que les brinden a las empresas un mayor éxito en la disminución de desperdicios, mejorando el proceso productivo y el producto final. Para conseguirlo, es conveniente un severo cambio cultural para convertirse en el mejor proveedor, con el fin de mantenerse como una empresa con éxito.

En este sentido, la empresa procesadora de banano ubicada en la provincia de El Oro, actualmente presenta una tasa de producto no conforme en el puré de banano considerablemente alta, debido a presencia de material extraño, desviación de color del producto, desviaciones microbiológicas, paradas no planificadas, cambio de producto en la línea de envasado.

Por consiguiente, se ha considerado oportuno reducir estas pérdidas a través de la implementación Metodológica DMAIC, por lo que, el presente trabajo abordará los conceptos clave relacionados con los productos no conformes obtenidos durante la producción de puré de banano, incluyendo sus causas, métodos de detección, y estrategias de manejo y corrección. Se explorarán las mejores prácticas para minimizar la ocurrencia de productos no conformes. Además, se destacará la importancia de un enfoque proactivo y sistemático para garantizar la calidad y seguridad alimentaria, protegiendo tanto a los consumidores como a la empresa.

Al finalizar este trabajo, se espera proporcionar una comprensión de cómo gestionar eficazmente los productos no conformes en la industria alimentaria, como es la empresa procesadora de banano en la provincia de El Oro destacando la importancia de la calidad y la seguridad en todos los aspectos del proceso de producción.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Implementar la metodología DMAIC de Lean Six Sigma en la producción de puré de banano en una empresa procesadora de banano para la reducción de la cantidad de producto no conforme, mejorando la eficiencia operativa.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar los principales puntos de fallo en el proceso de producción de la empresa.
- ✓ Analizar las causas raíz de la generación de productos no conformes.
- ✓ Diseñar soluciones efectivas para la mejora de la calidad del proceso de producción.

CAPÍTULO 2.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Six Sigma

Para el desarrollo de un negocio a través de la mejora continua de los procesos, productos y servicios, Six Sigma se aplica estratégicamente como un método sistemático y organizado para lograr la calidad, dado que combina métodos estadísticos y científicos para medir y mejorar el rendimiento operativo de una organización mediante reducciones drásticas en las tasas de defectos definidos por el cliente, agregando valor al producto y al proceso (Billah et al., (2020).

Six Sigma no solo es una filosofía de gestión de calidad, sino que es un conjunto integral de directrices que mejora la productividad, reduce las variaciones y mejora la calidad general de los procesos de manufactura y servicios y fue introducido por Motorola para la precisión de su producción y, posteriormente, se convirtió en una palabra de moda para la mejora de la calidad (Ponsiglione et al., (2021).

Generalmente, Six Sigma se percibe como un concepto en un sentido amplio y tratarlo como una estrategia asegura el desarrollo y aumenta la posición de la compañía. Se basa en seis principios principales que deben implementarse en las empresas que desean desarrollarse y aumentar su posición en el mercado (Ali, 2021).

Al trabajar a un nivel de Six Sigma, el grado de eficiencia en partes por millón es del 99.99997% de eficiencia, es decir, solo se pueden producir o se espera que se produzcan 3.4 o 4 partes defectuosas por cada millón de partes producidas. Sin embargo, se sabe, a través del análisis de diferentes procesos, que cada proceso, incluso si funciona a un nivel de Six Sigma, tendrá una variación inherente de 1.5 sigma con el tiempo, esto se debe a los tipos de ruido existentes en cada sistema de producción, es decir, ruido interno, ruido entre partes y ruido externo. De esta manera, las seis desviaciones estándar de la metodología pueden tratarse como una referencia que no se puede alcanzar, pero que se puede tener como un tipo de filosofía de mejora (Baro et al., (2023).

2.1.1 Desafíos en la Implementación de Lean Six Sigma

Implementar cambios de mejora derivados del método Lean Six Sigma presenta sus propios desafíos, que varían de una organización a otra y de individuos. Algunos de estos desafíos son (Olutade et al., (2023):

- La cultura de una organización influye significativamente en la identificación de oportunidades de mejora, la filosofía del cambio y la adopción de una mentalidad de mejora en toda la organización. Superar las barreras culturales requiere liderazgo fuerte, comunicación efectiva y un compromiso de mejorar continuamente. La capacitación y educación en los principios de Six Sigma pueden ayudar a cambiar la cultura hacia una que abrace las iniciativas de mejora.
- El apoyo y la participación de la dirección son cruciales para el éxito de Six Sigma. Sin el compromiso de la alta dirección, es difícil asignar los recursos necesarios, impulsar el cambio y mantener los esfuerzos de mejora. Los líderes deben defender las iniciativas, proporcionar los recursos necesarios y participar activamente en los proyectos de mejora.
- La resistencia al cambio es un desafío común en la implementación de Six Sigma. Es importante abordar estas barreras mediante la comunicación efectiva, la participación de los interesados y la capacitación para ayudar a las personas a adaptarse a los cambios.
- La falta de personal capacitado en Six Sigma impacta la adopción y ejecución de las iniciativas de mejora. Invertir en programas de capacitación, contratar profesionales experimentados o asociarse con expertos externos puede ayudar a cerrar la brecha de conocimiento.
- Six Sigma es un enfoque a largo plazo para la mejora continua, y los beneficios pueden no ser evidentes de inmediato. Algunas organizaciones pueden centrarse en resultados a corto plazo y tener dificultades para mantener el compromiso con las iniciativas de mejora. Educar a los interesados sobre los beneficios a largo plazo, establecer expectativas realistas y celebrar pequeños logros puede ayudar a mantener el impulso.
- Los propietarios de procesos, responsables de gestionar y supervisar procesos específicos, juegan un papel crítico en el éxito de Six Sigma. Su participación y compromiso son esenciales para comprender el estado actual del proceso e identificar oportunidades de mejora.

2.2 Metodología DMAIC

Dentro de este marco, DMAIC aparece como un método para encontrar y reducir las variaciones y eliminar defectos y es el enfoque más popular para apoyar la estrategia Six Sigma, mejorando los productos y procesos ya existentes en la organización. Con el fin de resolver un problema identificado por la organización, la metodología DMAIC utiliza un conjunto de herramientas y técnicas de manera lógica para llegar a soluciones

sostenibles que reducirán o eliminarán el problema, ubicando a la organización en una posición competitiva (Silva et al., (2020).

2.2.1 Pasos de la Metodología DMAIC

Metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar, controlar) y herramientas del proceso (Monday, 2022):

- **Paso 1: Definir** En la fase de definición, las partes interesadas deben definir claramente el objetivo del proyecto, el alcance y, si es posible, el marco temporal. Las partes interesadas deben acordar cuál es el objetivo del proyecto, así como su duración. Esto puede incluir un mapa del proceso u otro análisis (financiero, de partes interesadas o análisis de Kano), para desarrollar una declaración de objetivos.
- **Paso 2: Medir** Se identifican datos medibles que sirvan como indicadores de calidad o seguridad. Esto puede requerir la recopilación de datos para establecer métricas de referencia. Los datos extraídos de bases de datos agregadas deben analizarse para verificar su exactitud. Los datos deben poder mostrarse visualmente para su posterior análisis. Se pueden utilizar diagramas de caja, diagramas de Pareto, gráficos de control o histogramas que posteriormente se usarán en pasos posteriores. Por lo general, se puede obtener una exención de la junta de revisión institucional para los datos que se utilizan para la mejora de la calidad.
- **Paso 3: Analizar** Este paso combina lo que se sabe sobre el proceso, así como los datos de referencia, para identificar y validar las causas de errores, desviaciones, retrasos, desperdicios u otras etiologías de defectos en el proceso. El análisis puede incluir diagramas de Pareto, histogramas, gráficos circulares, diagramas de Ishikawa (espina de pescado), un análisis de los 5 porqués u otras herramientas para explorar causa y efecto.
- **Paso 4: Mejorar** En esta fase, el equipo trabaja para abordar la causa raíz y realizar cambios para eliminar los problemas que conducen a la variabilidad y el desperdicio en el proceso. La comunicación con los miembros del equipo y el compromiso e involucramiento del equipo son fundamentales. Las partes interesadas deben sentirse cómodas generando ideas y utilizando una comunicación clara y regular sobre posibles soluciones. Varias partes interesadas pueden estar en desacuerdo sobre quién o qué necesita cambiar para alcanzar el objetivo propuesto. Puede ser necesario el establecimiento de puntos de referencia nacionales y la discusión de las mejores prácticas

establecidas. Se debe tener en cuenta que las intervenciones que dependen de la memoria humana (educación, tarjetas de bolsillo, cambios en las políticas, recordatorios por correo electrónico) pueden ser apropiadas, pero serán más débiles que aquellas que están directamente vinculadas al flujo del proceso (paradas obligatorias en los pedidos, alertas electrónicas). El concepto de Kaizen (un término japonés que significa "cambio para mejor") puede ayudar a centrar al grupo en la idea de que las operaciones mejoradas deben involucrar a todos los empleados y ser un proceso continuo y metódico.

- **Paso 5: Controlar** La fase de control es crucial para lograr un cambio sostenible y requiere el seguimiento del rendimiento del proceso. Un plan de control del proceso generalmente se basa en el nuevo mapa del proceso ideal que indica quién es responsable de cada aspecto del nuevo proceso. El equipo debe ser consciente de los nuevos problemas potenciales que podrían surgir debido a soluciones alternativas, fallos de diseño o resistencia al cambio del proceso. Los gráficos de control continuos pueden monitorear la variación. Los miembros del equipo deben estar al tanto de las métricas de manera regular para que el rendimiento "fuera de control" pueda corregirse y el plan de control pueda actualizarse. La frecuencia con la que se actualiza a los miembros del equipo (diariamente, semanalmente, anualmente, etc.) depende de la métrica que se está monitoreando y de la cantidad de tiempo requerido para recopilar y/o verificar los datos.

2.3 Herramientas utilizables para el proyecto

Algunas herramientas se utilizan para definir, medir y analizar problemas del proceso de producción. Además, hay herramientas que los equipos pueden usar para revisar la función mejorada en la fase de Control, lo que ayuda a la mejora continua. Entre las herramientas más utilizadas se tiene:

2.3.1 Mapa del Proceso

El mapeo de procesos consiste en una colección de herramientas y métodos que se utiliza para comprender una organización y sus procesos. Estas herramientas nos permiten documentar, analizar, mejorar, optimizar y rediseñar los procesos de negocio para lograr eficiencias organizacionales. Un mapa del proceso es una ayuda visual para representar los procesos de trabajo y muestra cómo se vinculan los insumos y las tareas, destacando los pasos necesarios para producir el resultado deseado de manera consistente. Un mapa del proceso fomenta nuevas formas de pensar sobre cómo se debe realizar un trabajo, dónde se realiza, quién lo realiza, qué dificultades ocurren

frecuentemente y cómo resolverlos mejor. Una analogía común es relacionada con los mapas de carreteras: no se puede trazar una ruta para llegar a donde se desea... a menos que conozca dónde se está. Los modelos y mapas de procesos también se pueden usar para identificar a los adecuados miembros del equipo de mejora de la calidad, identificar quién proporciona insumos o recursos a quién, establecer áreas importantes para el monitoreo (puntos de control críticos) o la recopilación de datos, e identificar áreas de mejora. Los diagramas de flujo pueden ayudarnos a comprender el flujo de varias cosas: información, documentación, formularios, pacientes, productos, suministros, clientes o empleados (Baro et al., (2023).

2.3.2 SIPOC

Es una especie de mapa de proceso para explicar el flujo de trabajo. Este diagrama incluye proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes, cuya abreviatura es SIPOC. Este diagrama comienza con la fase del proceso. Luego se identifican los clientes, y deben categorizarse en clientes externos e internos. En el siguiente paso, se determinan las entradas y salidas (Baro et al., (2023).

2.3.3 Diagrama de Pareto

Es una herramienta que demuestra y resume gráficamente la importancia relativa de las diferencias entre grupos de datos que se están estudiando. Es un diagrama de calidad de datos de atributos que ayuda a determinar los tipos más numerosos de ocurrencias de defectos. El diagrama de Pareto también ilustra tanto las frecuencias de los eventos (como un gráfico de barras) como el total acumulado de los eventos (como un gráfico de líneas) en un solo gráfico. Este diagrama de Pareto se puede utilizar en la fase de Análisis del enfoque DMAIC el cual está sujeto al principio 80/20. Las razones de las fallas a menudo se encuentran conformes a este principio, que establece que el 80 por ciento de las fallas (Pocos Vitales) son generalmente causadas por alrededor del 20 por ciento de las causas raíz primarias (Muchos Triviales) (Baro et al., (2023).

2.3.4 Diagrama de barras

Es una forma de resumir un conjunto de datos categóricos (los datos continuos se pueden convertir en categóricos mediante auto-binning). El diagrama de barras demuestra los datos utilizando algunas barras, cada una representando una categoría específica. La altura de cada barra es adecuada para una agregación particular, por ejemplo, la suma de valores en una clase. También es posible colorear o dividir cada barra en otra columna categórica en los datos, lo que permite ver la contribución de diferentes categorías a cada barra o grupo de barras en el diagrama de barras.

2.3.5 Análisis de Causa y Efecto (diagrama de Ishikawa)

Durante la lluvia de ideas, los diagramas de Ishikawa suelen usarse para identificar causas raíz, también son utilizables durante la fase de análisis como una herramienta esencial para estructurar y mostrar los pensamientos de un equipo y existen diferentes tipos de diagramas de Ishikawa con nombres variables de ramas. Se considera que no hay correctos o incorrectos, esto significa que solo se deben seleccionar las categorías de ramas apropiadas para el proyecto. Un diagrama de Ishikawa se construye con la formulación del problema principal o la causa raíz (Sharma et al., (2019) .

2.3.6 Pruebas de hipótesis

La prueba de hipótesis o prueba de significancia es un método para probar una afirmación o hipótesis sobre un parámetro de población, utilizando datos medidos en una muestra. En este método, se realiza un contraste determinando cómo podría haberse seleccionado una estadística muestral, si la hipótesis sobre el parámetro de la población fuera correcta. El proceso de prueba de hipótesis se puede resumir en cuatro pasos:

- **Estructuración de hipótesis.** En este paso, se define las hipótesis a contrastar en donde la hipótesis nula (H_0) negara la existencia deductiva de fallas; mientras que la hipótesis alterna (H_1), es el paradigma de la H_0 .
- **Estimación del parámetro p-valor.** Una vez definido las hipótesis, se procede a realizar la estimación o el contraste estadístico, en donde el investigador deberá seleccionar la prueba correcta para obtener resultados confiables, consistentes y adecuados. Con la estimación del test o prueba estadística, se podrá realizar el contraste según la regla decisión.
- **Regla decisión.** Para poder realizar la selección de hipótesis y especificar conclusiones, se genera el contraste basado en una regla estadística, en donde se manifiesta que, si el $p\text{-valor} < 0,05$, entonces se rechaza H_0 ; determinando que si existe cambios dentro de la prueba generada o existe suficiente evidencia para aceptar que hay fallas dentro de un sistema de control.
- **Decisión final.** Con el contraste de hipótesis se procede a tomar decisiones en cuanto a la regla decisión, lo cual permitirá acciones inmediatas para poder minimizar riesgos y optimizar recursos.

2.3.7 Control estadístico del proceso

El Control Estadístico del Proceso (SPC, por sus siglas en inglés) se utiliza para analizar y controlar el desempeño del proceso, el control proactivo de los procesos, distinguir

entre variaciones naturales y asignables, identificar y prevenir el proceso de causas especiales, e implica el uso de gráficos de control para determinar si un proceso está operando bajo control.

Un gráfico de control por lo general se llama diagrama de series temporales que se utiliza para monitorear un proceso a lo largo del tiempo una característica del proceso, con límites determinados estadísticamente. Cuando se utiliza para el monitoreo del proceso, ayuda al usuario a determinar el tipo apropiado de acción dependiendo del grado de variación (Prasetyo et al., (2022).

2.4 Etapa de Implementación del Ciclo DMAIC

En la etapa de implementación, las causas raíz del problema ya han sido identificadas, por lo que la solución debe ser fácil de implementar y la mejora debe durar mucho tiempo en la empresa (Smętkowska & Mrugalska, 2018). Si se utilizan variables continuas o se detectan factores en esta etapa, se puede llevar a cabo un diseño experimental para determinar la mejor disposición de las variables y reducir los problemas que se obtuvieron en la etapa definida (Akmal et al., 2021).

2.4.1 Lluvia de ideas

Las sesiones de lluvia de ideas es una forma de pensamiento creativo que tiene como objetivo permitir que todos los miembros de un grupo participen de manera libre y contribuyan con ideas sobre un tema o problema determinado. Esta técnica es muy útil para el trabajo en equipo, ya que permite la reflexión y el diálogo en igualdad de condiciones (Bhargava & Gaur, 2021).

2.4.2 Diseño de experimentos (DOE)

Es una prueba en la que se realizan cambios en las variables independientes para que se puedan observar cambios en las variables dependientes, con el fin de obtener el mejor resultado deseado, es decir, "cuanto más grande, mejor", "cuanto más pequeño, mejor" o "nominal es mejor". Se puede implementar un diseño de experimentos para superar limitaciones. En esencia, el diseño de experimentos es la planificación estratégica de experimentos y la aplicación de estadísticas y proporciona un marco robusto diseñado para mejorar la producción (Fhionnlaoich et al., (2019).

2.5 Índice de capacidad del proceso

El índice de capacidad del proceso se formula de tal manera que mide las veces que la desviación estándar del proceso está dentro de los límites de especificación del cliente. Cuando es cierto que un proceso es normal y está bajo control estadístico, se espera

que la característica de calidad de los elementos fabricados a medir esté entre (99.73%). Por otro lado, el índice, conocido como el índice de capacidad real del proceso, se considera una versión corregida del que considera la centralización del proceso. Los resultados obtenidos en la aplicación de los índices de capacidad del proceso en la línea de producción fueron obtenidos de la causa base que presentan los productos retenidos en cuanto a la producción, considerando la escala del peso en kg como valor para el análisis del producto no conforme (Baro et al., (2023).

CAPITULO 3.

3 METODOLOGIA

Con la finalidad de dar solución a la problemática que se establece en la producción de una empresa procesadora de banano en la provincia de El Oro, se sustenta la metodología DMAIC, la misma que conlleva a un proceso estructurado la cual se enfoca en mejorar el desempeño comercial sustentado en la información de productividad y el análisis estadístico; por medio de este proceso se podrá reducir la variación de producto no conforme y mejorar la calidad en el proceso del banano. Previo a esto se conoce el proceso y los pasos que la metodología DMAIC sigue, en donde cada uno este sujeto a una exposición de interés del factor que se analiza.

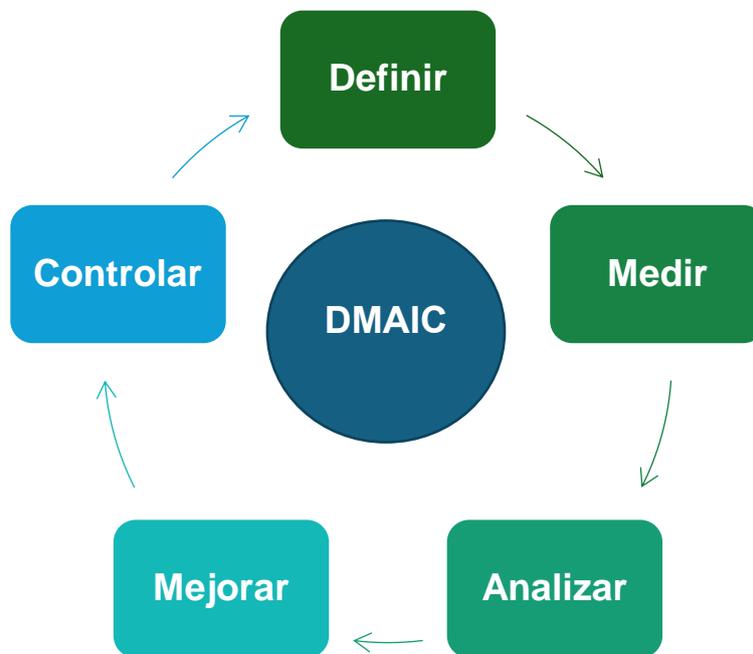


Figura 3.1
Proceso de evaluación DMAIC

Nota. Se realiza una especificación del proceso metodológico DMAIC que la investigación considera para la mejora productiva.

3.1 Definir el problema

El objetivo principal de este proceso es minimizar el producto no conforme que se genera durante el proceso productivo del puré de banano, en donde a partir de la implementación de un control y estructura six sigma se obtendrá resultados óptimos en cada criterio que se evalúe como retención de producto.

La escala a evaluar se encuentra especificada en kilogramos de producto retenido en donde se realiza un análisis previo a la implementación para especificar el comportamiento y evolución temporal del producto en evaluación.

Para dar inicio al análisis de producción, se determina los valores previos a la implementación en donde la tabla 1 detalla el porcentaje de productos retenidos (no conformes) tanto en proporción mensual y un promedio del peso retenido en kg de manera mensual. Se evidencia que para el mes de mayo se mantiene un porcentaje de retención en productos no conformes del 34,34% considerando un peso medio de 1396kg de puré de banano retenido. Por otra parte, en el mes de agosto y febrero se determina un 15,15% y 11,11% respectivamente del total retenido, es decir, durante la suma de estos tres meses se identifica que aproximadamente el 60% de producto no conforme de puré de banano se encuentra en estos meses del año en evaluación.

Tabla 1
Proporción de producto retenido en el proceso del banano

Mes	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Promedio (kg)
Enero	7,07%	7,07%	1353
Febrero	11,11%	18,18%	1299
Marzo	3,03%	21,21%	326
Mayo	34,34%	55,56%	1396
Junio	5,05%	60,61%	2070
Julio	7,07%	67,68%	3061
Agosto	15,15%	82,83%	3706
Septiembre	7,07%	89,90%	1826
Diciembre	2,02%	91,92%	1079

Fuente. Elaboración Propia

Se identifica que la desviación del caudal, el color y la consistencia son causas relevantes para que exista un promedio elevado en kg de producto no conforme, que en conjunto representan aproximadamente el 59,6% de desperdicios generados en el proceso productivo del puré de banano. Con esta información se puede delimitar y establecer el modo de falla que sustenta el presente estudio.

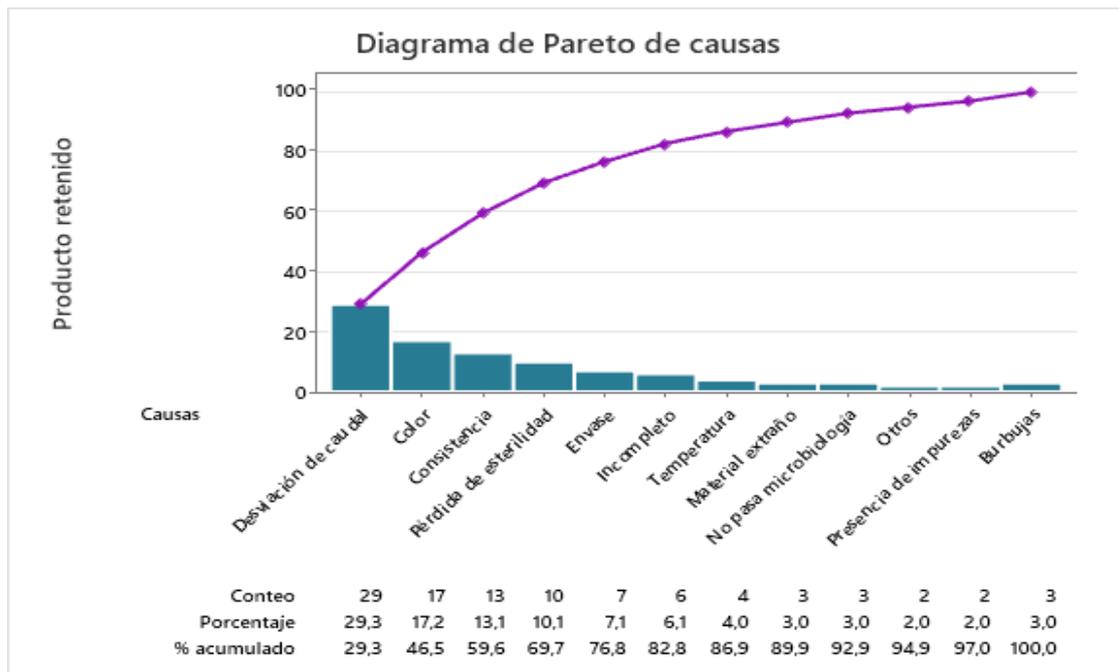


Figura 3.2

Pareto de las causas bases para la retención del producto

Dentro del proceso de evaluación y definición del problema también se puede identificar con la ayuda de la figura 3.3, que los meses con mayor concentración de producto no conforme y retenido es el mes de mayo, junio, julio y agosto; en donde el auge se presentó para el mes de Julio considerando un aproximado de 90000 Kg de producto retenido. En contraste, se determina que los meses de abril, octubre y noviembre no sustentan evidencia de producto retenido, mientras que los meses de marzo y diciembre presentan niveles mínimos de no conformidad dentro del proceso de puré de banano.

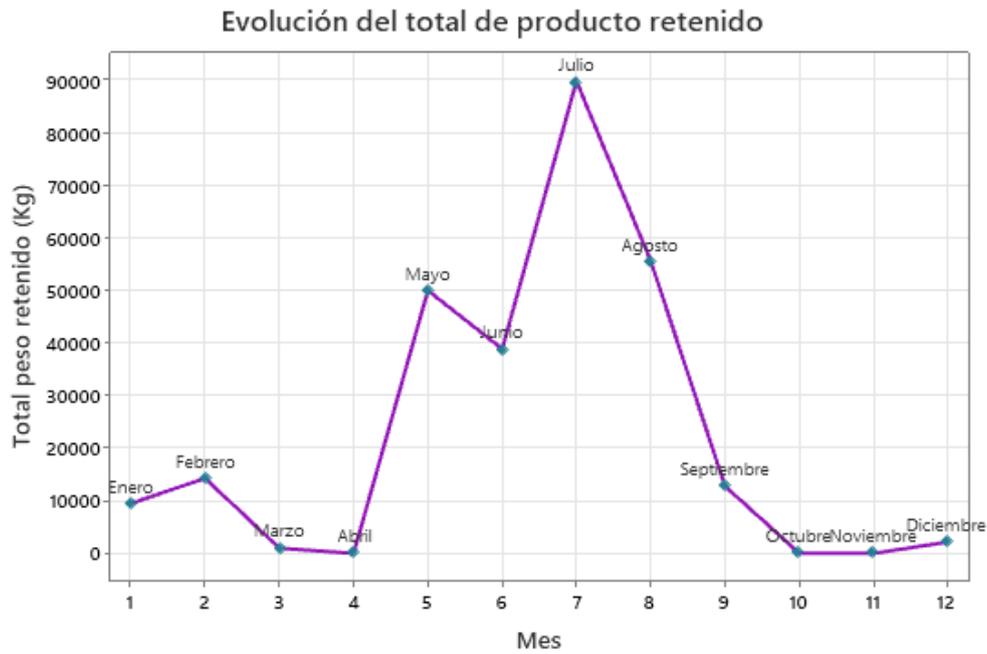


Figura 3.3
Evolución del producto no retenido por mes

Dentro del proceso o la fase de definir el problema se identifica que el problema y causa principal para la retención de producto no conforme, se encuentra especificado entre la desviación de caudal, el color y la consistencia que presenta el producto al momento de realizar la transformación de producto, es así que aproximadamente el 60% de producto se retiene dado a estos tres factores (considerando variaciones en cada uno de los factores), mientras que existe una concentración de producto no conforme dentro del segundo y tercer trimestre del año (mayo, junio, julio y agosto), evidenciando que en este periodo de tiempo se agrupa aproximadamente el 85% del producto total retenido. Es por tal razón, que a partir de esta identificación prioritaria del problema se procede con la medición de la escala y verificación de hipótesis para su análisis.

CAPÍTULO 4.

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Medición de escalas

Dentro de esta sección se realiza la evolución de procesos estables y eficientes, este se lo realiza a través de un análisis de estabilidad y capacidad, sin embargo, se debe considerar que la información recolectada por parte de la empresa Procesadora de Banano de la provincia de El Oro, puede ser limitada, de tal manera que se considera una investigación, en donde se ejecuta diferentes técnicas optimas y adecuadas para poder establecer el proceso Six Sigma, y evaluar riesgos del producto no conforme.

4.1.1 Análisis de Estabilidad

A través de la figura 4.1 se pretende analizar la estabilidad del proceso, es por tal razón los resultados de la gráfica Xbarra permiten identificar un valor promedio de $X=1918$, lo cual permite identificar que se encuentra dentro de las especificaciones del proceso de productos no conformes; sin embargo, se determina que un proceso se encuentra fuera de los límites de control del sistema lo cual genera problemas de estabilidad. Este evento complejo se lo corrige con la intervención inmediata con la finalidad de reducir la retención de productos no conformes.

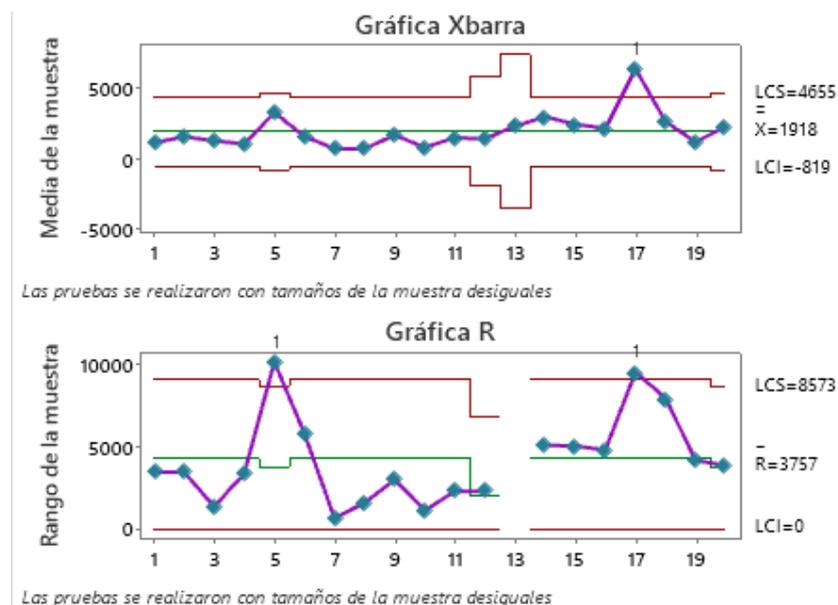


Figura 4.1
Xbarra-R del parámetro de producto no conforme

Siguiendo con el proceso de medición de procesos, se analiza los datos para identificar la existencia de normalidad en los datos, es así que a partir de la figura 4.1 se determina un p-valor $< 0,005$, por lo cual se evidencia un proceso no normal de información dado a la aceptación de la hipótesis nula, considerando que la variación de la información se concentra más en la carta R, en donde se establece un proceso con problemas de estabilidad.

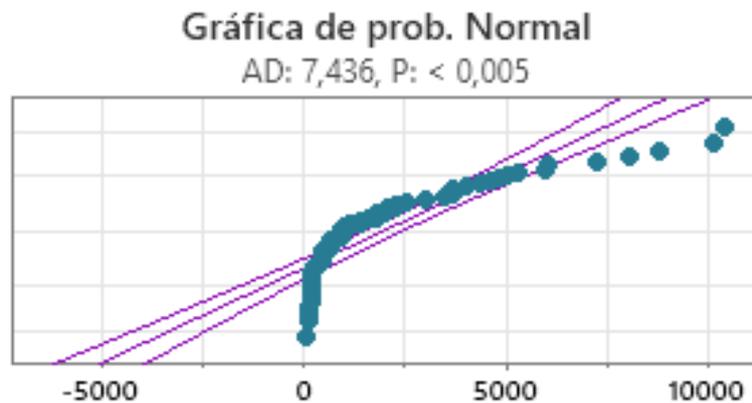


Figura 4.2
Probabilidad de producto no conforme (peso kg)

A través de la figura 4.3 se identifica un análisis de capacidad del proceso, en donde el valor de $cp=0,82$ y el valor de $cpk=0,29$ identifican que el proceso es parcialmente adecuado. A su vez también se identifica valores que sobrepasan el límite LEI, coadyuvando la conclusión de un modelo aceptable.

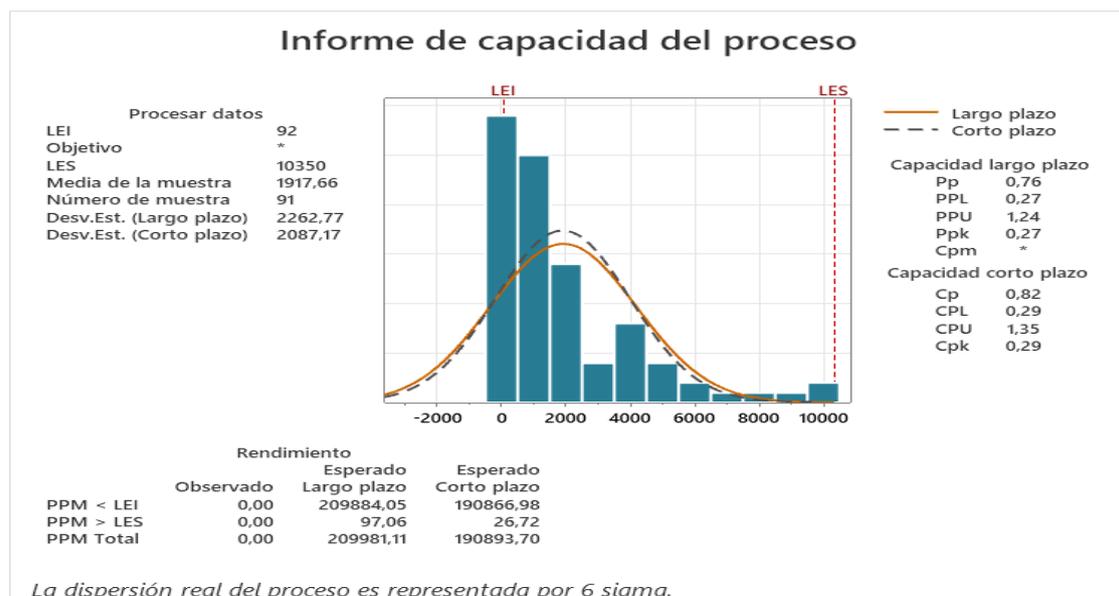


Figura 4.3
Capacidad del proceso de producto no conforme (peso kg)

4.2 Analizar

Con la verificación de las escalas a evaluar y considerando la estabilidad, linealidad y capacidad del proceso se procede a realizar la etapa de análisis con la finalidad de identificar los factores o problemas principales que presenta el proceso para su posterior intervención y mejora. Para esta validación se va a realizar un análisis de hipótesis one to one sample (De 1 a 1 muestra), en donde se considera un valor promedio de producto no conforme de 2400Kg. Según Cuadro (2015) sustenta que dentro del proceso de elaboración de puré de banano va a existir un porcentaje de producto no conforme debido al comienzo del proceso de producción, sin embargo, este factor no debe superar los 3000kg mensuales debido a que se corre el riesgo de generar mayores costos, minimizar la calidad de producto e incrementar el producto retenido sin presentar un proceso de mejora anticipado.

Por otra parte, Pijal y Pineda (2022) consideran que para poder evaluar factores principales en la etapa de análisis de un Six Sigma, las pruebas de hipótesis son fundamentales, esto debido a que se puede trabajar consistentemente y revisar parámetros estadísticos que permitan contrastar diferencias entre procesos evaluados.

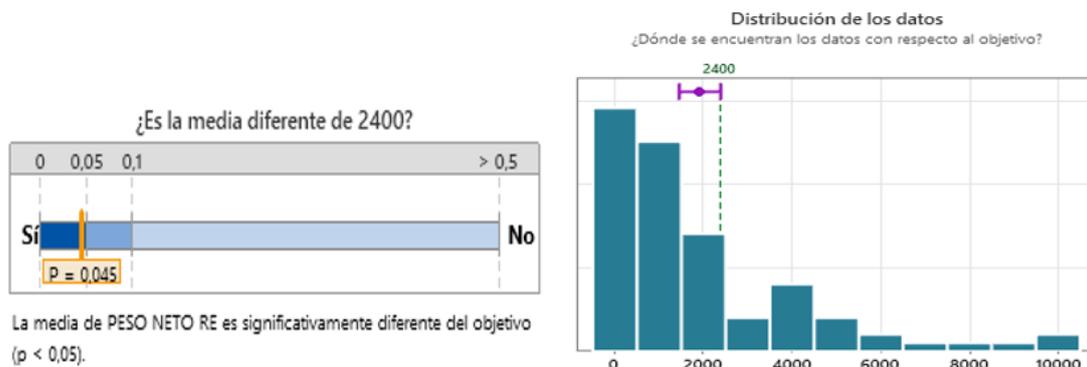


Figura 4.4
Evaluación principal para la identificación de factores

A través de la figura 4.4 se logra identificar que con una reducción de producto no conforme mensual a 2400Kg, la media del proceso o target mejora significativamente el proceso productivo, considerando una optimización del 85% aproximadamente del producto retenido actualmente. A su vez, en la figura 4.5 se puede identificar que los factores principales que generan problemas para el incremento de producto no conforme se encuentran entre la consistencia del producto, material extraño y otros, este último que se encuentra relacionado a las variaciones en la temperatura, es decir, los factores se encuentran relacionados y asociados específicamente con las variaciones o anomalías de consistencias.

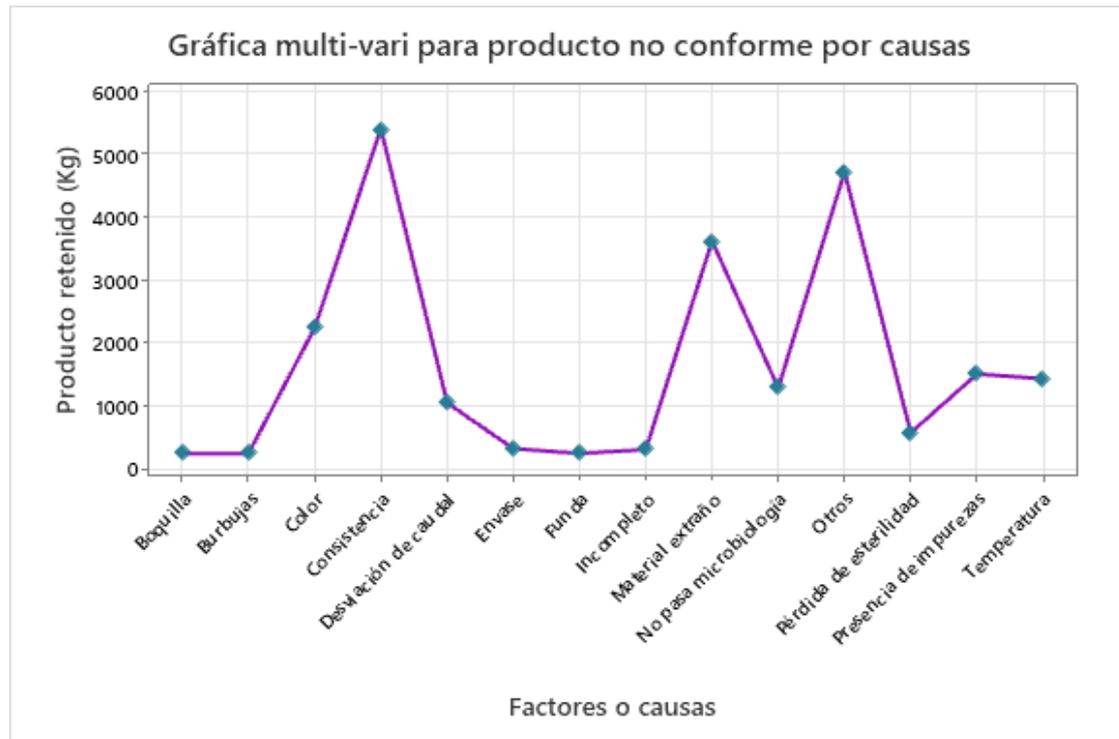


Figura 4.5

Identificación de factores o problemas en productos no conformes

4.3 Control

A partir de la identificación del problema y considerando un proceso de mejora que se encuentra enfocado en la desviación del caudal, color y consistencia, se realiza una prueba de control Before and After, el mismo que permite analizar la capacidad del proceso, considerando la optimización del proceso, validación de operarios, y funcionalidad de boquillas en la maquina procesadora de banano. Ante estas mejoras, se logra alcanzar el target esperado, determinando una mejora del proceso de control con los siguientes resultados.

Se determina en la figura 4.6 que la distribución de capacidad y estabilidad del modelo es mayormente adecuado y compacto a los límites del proceso, esto debido a que existe uniformidad dentro de los datos expuestos (XBarra-R), y también la distribución de los datos se compacta mayormente al valor centra; no obstante, el proceso debe seguir mejorando para poder minimizar moderadamente la inestabilidad del proceso.

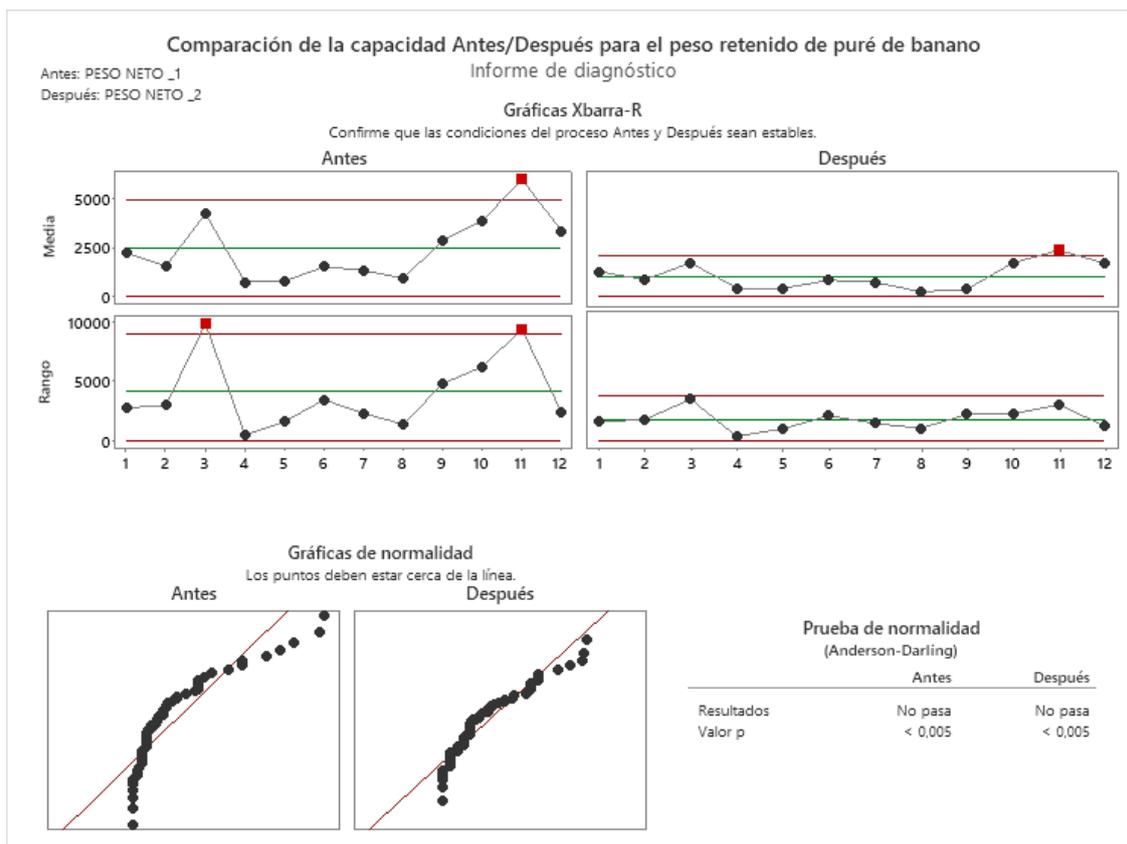


Figura 4.6
Evolución del proceso pre y post

A partir de estos resultados dinámicos y gráficos, se considera el informe expuesto en la figura 4.7, el mismo que permite identificar una reducción de proceso no conforme en un 23%, esta proporción netamente va a ir incrementando debido a que se presenta un nivel sigma superior dentro del proceso post, es decir, la evaluación y optimización estratégica que se tradujo hacia la maquina procesadora de puré de banano, sustenta un cambio positivo y levemente significativo, de tal manera que al abordar en un periodo más extenso se puede identificar resultados más pronunciados hacia la mejora del proceso de retención de producto no conforme. La capacidad a largo plazo, permite identificar una mejora significativa hacia la eliminación de producto no conforme.

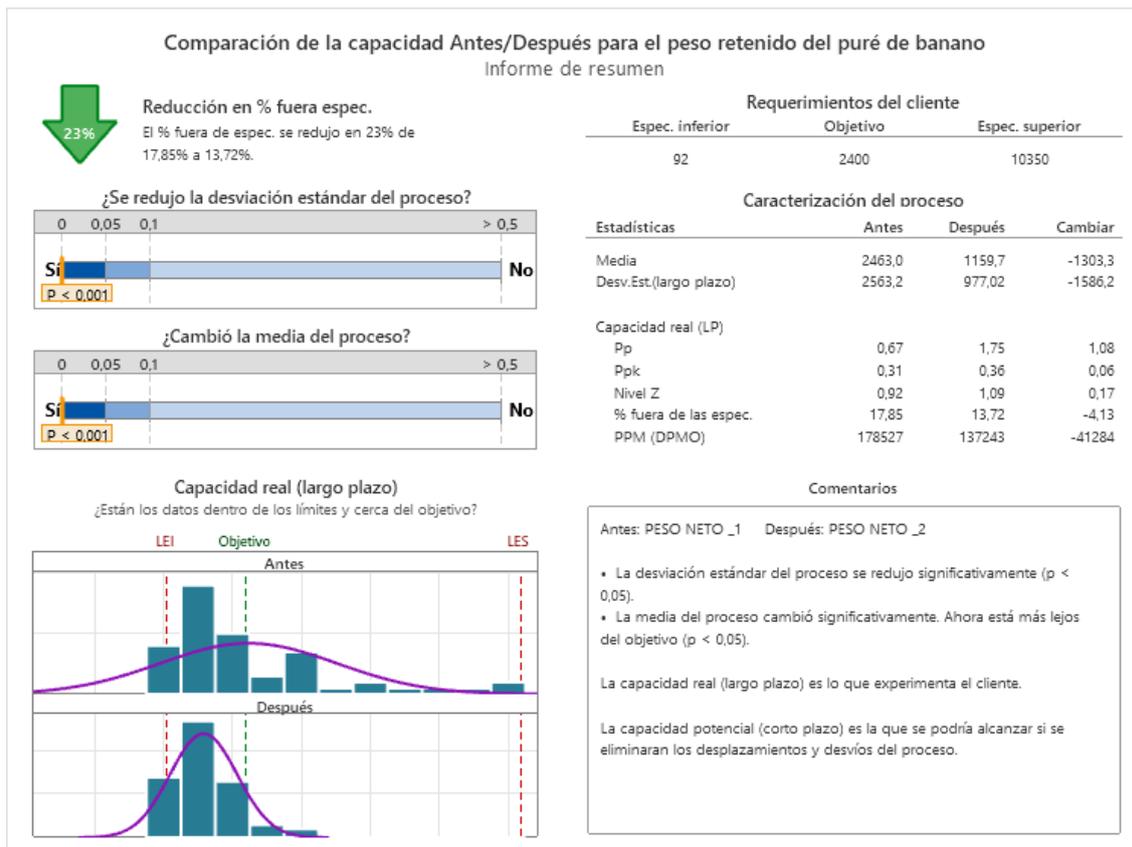


Figura 4.7
Informe final de control Six Sigma

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El proceso de falla dentro de una empresa se entiende por aquellos eventos no previsible ajenos a los sistemas productivos los cuales perjudican a todo el proceso de producción dentro de la misma. La Empresa Procesadora de Banano en la provincia de El Oro sustenta sus actividades en el procesamiento del banano a diferentes productos terminados, entre ellos el puré de banano. Dentro del proceso productivo se identifica el crecimiento significativo del producto no conforme o retenido que genera la cadena de transformación del banano; es así que se ha identificado durante el periodo 2023 que el principal problema se concentra en la desviación del caudal, el color y la consistencia que mantiene el puré de banano.

Con la evaluación de los factores principales de fallo se identifica que los principales meses en donde más producto retenido se detectó fueron los meses de febrero, mayo y agosto; se sustenta que durante estos tres meses del año se acumuló un aproximado de 60% de producto no conforme, es decir, este segmento de tiempo será el principal para la evaluación de fallas del proceso. Dentro de este periodo de tiempo se pudo detectar que la falta de supervisión dentro del proceso productivo y los tiempos de monitoreo de la maquinaria son determinantes para el aumento del producto no conforme. Por otra parte, el despunte en las gráficas de control (X - R) describieron un proceso no estable en donde su capacidad no era la adecuada a lo procesado. La alta variabilidad de información, también fue un motivo para identificar brechas dentro de los tiempos de monitoreo y la producción de puré de banano que se desarrollaba en diferentes días.

A partir del proceso metodológico DMAIC, se pudo establecer un Target medio de 2400 kg de producto no conforme, en donde a partir de la simulación y la ejecución de un plan estratégico se proyecta una minimización del 85% aproximadamente del producto no conforme. Dentro de la planificación estratégica y la evaluación de control generada, se concentró mayor atención a los tiempos que se otorga al proceso de transformación del banano, en donde la supervisión de la máquina, el intervalo de tiempo para el mantenimiento de boquillas y la regulación de materia prima, fueron estrategias que se consideraron para la disminución de la desviación del caudal. Por otra parte, el color y la consistencia del producto se enfocó directamente con la distribución correcta de

materia y distribución de tiempos considerando como estrategia la periodización rotativa de personal y ejecutando un plan alerta en cada proceso de producción. Con estas estrategias implementadas se logró disminuir un producto promedio no conforme antiguo de 2463kg a 1159,70kg, es decir se redujo un 52,92% en el primer protocolo implementado.

5.2 RECOMENDACIONES

Ante la existencia de problemas en el proceso productivo de puré de banano se considera, y con el sustento de la existencia de fallas dentro del proceso de verificación de tiempos o excesiva transformación del mismo, se sugiere la implementación de una nueva maquinaria, la cual permita generar la misma cantidad (Kg) de producto terminado, considerando la disminución de tiempos de uso que genera una sola máquina y a su vez preservando el tiempo de vida útil que esta última mantiene. A partir de esta estrategia e inversión a largo plazo, se puede considerar la optimización de tiempos, reducción de capacidad de trabajo para la máquina y a su vez el cuidado que se debe otorgar al producto terminado.

Considerando que dentro del año van a existir aquellos periodos en donde la demanda de producto incrementa, por tal razón la empresa deberá incrementar su producción, se recomienda que se asigne mayor mano de obra en cuanto al seguimiento y proceso de transformación del banano, es decir, se debe aumentar supervisores con el fin de mantener un monitoreo a tiempo real de la maquinaria y específicamente del producto terminado. Con esta estrategia se pretende primero disminuir el porcentaje de producto no conforme y a su vez minimizar brechas en cuanto a tiempos de desviación de caudal.

La implementación de análisis de control y verificación de procesos, permite detectar principales fallas o problemas que mantiene un proceso productivo, es por tal razón, se sugiere que este tipo de análisis sea constante y periódico, es decir, la evaluación se debe ejecutar de manera semestral con la finalidad de verificar si la reducción tentativa (85%) que se espera mantener con la implementación de las estrategias mencionadas permite minimizar el producto no conforme de la Empresa Procesadora de Banano en la provincia de El Oro, considerando que en el primer protocolo hubo una reducción del 52,92%.

6 Bibliografía

- Aldea-Molina, A. (2021). Influencia del rediseño de los procesos productivos de una empresa de envolturas flexibles basado en la mejora continua. *Industrial Data*, 24(1), 7-22. doi:<http://orcid.org/0000-0002-0118-971X>
- Ali, A. (2021). Implementing Six Sigma DMAIC Methodology for Increasing the Competitiveness of SMEs in Ethiopia. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 10(1). Obtenido de https://www.riejournal.com/article_122755_4e262ebbe6e305dad9d06286fd9bcc9b.pdf
- Baro, M., Piña, M., & Reye, A. (2023). 6 Sigma and DMAIC Method: Basic Tool Teaching and Application for Beginning Practitioners in Automotive Assembly for Beginning Practitioners in Automotive Assembly. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 16(1), 89-96. doi:10.22094/JOIE.2023.1976488.2029
- Bhargava, M., & Gaur, S. (2021). Process Improvement Using Six-Sigma (DMAIC Process) in Bearing Manufacturing Industry: A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1017(1). Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1017/1/012034/pdf>
- Billah, M., Shamim, A., Ali, A., Ibrahim, M., Mehdi, D., & Nawaz, W. (2020). DMAIC methodology for achieving public satisfaction with health departments in various districts of Punjab and optimizing CT scan patient load in urban city hospitals. *AIMS Public Health*, 9(2), 440–457. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9114784/>
- Camposano-Castillo, E., Mañuico-Yupanqui, R., Meneses-Claudio, B., & Zarate-Ruiz, G. (15 de Junio de 2024). *Propuesta de implementación de la metodología DMAIC como herramienta para mejorar la productividad en el área de manufactura de una empresa de chocolates orgánicos - 2022*. doi:DOI:10.56294/sctconf2024646
- Carrillo, M. S., eralta, J. T., Severiche, C. A., Ortega, V. P., & Vargas, L. E. (2022). Reducción de ruido industrial en un proceso productivo metalmecánico: Aplicación de la metodología DMAIC de Lean Seis Sigma. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 15(30), 41-48. doi:<https://doi.org/10.31908/19098367.1819>
- Corona Martínez, L. A., Fonseca Hernández, M., & Corona Fonseca, M. (2017). Algunos apuntes generales sobre el problema de investigación. *MediSur*, 15(3), 426-431. Obtenido de <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/3567>

- Cuadro, J. (2015). *Mejora del proceso de elaboración de puré de banano en la empresa Futurcorp S.A, del cantón Pueblo Viejo provincia de Los Ríos, año 2014*. Recuperado el 04 de 08 de 2024, de Universidad Técnica Estatal de Quevedo: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/72b91367-3655-42cf-8e62-020d36ab43f6/content>
- Fhionnlaioich, N., Yang, Y., Qi, R., Galvanin, F., & Guldin, S. (2019). DoE-It-Yourself: A Case Study for Implementing Design of Experiments into Nanoparticle Synthesis. *Chemical Engineering and Industrial Chemistry*, 1-17. Obtenido de <https://doi.org/10.26434/chemrxiv.8198420.v1>
- Fontalvo, T., De La Hoz, E., & Morelos, J. (2017). La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión Empresarial*, 15(2), 47-60. doi:<http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i2.1375>
- Ingar, C. (2023). Lean Six Sigma y mejora de la productividad en el servicio de reparación de equipos de minería en una empresa metalmeccánica. *Industrial Data*, 26(2), 239-265. doi:<https://doi.org/10.15381/idata.v26i2.25462>
- Manobanda, G. (2021). Reducción de desperdicio de alimentos en la cadena de procesamiento: estrategias y beneficios. *Dominio De Las Ciencias*, 9(3), 2208–2218. Obtenido de <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3551>
- Marín Calderón, A., Valenzuela-Galván, M., Cuaea-Cruz, G., & Brau-Avila, A. (2023). Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para disminuir desperdicios en una unidad de fabricación de paneles modulares de poliestireno. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 24(1), 1-12. doi:<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.1.007>
- Marín-Calderón, A. V., Valenzuela-Galván, M., Cuamea-Cruz, G., & Brau-Ávila, A. (2023). Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para disminuir desperdicios en una unidad de fabricación de paneles modulares de poliestireno. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XXIV(1), 1-12. doi:<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.1.007>
- Michael L, G. (15 de junio de 2024). *Lean Six Sigma combinando Seis*. Obtenido de DMAIC: https://www.academia.edu/10203478/_Michael_L_George_Lean_Six_Sigma_Combining_Six_Book_Fi_org_?auto=download

- Monday, L. (2022). Define, Measure, Analyze, Improve, Control (DMAIC) Methodology as a Roadmap in Quality Improvement. *Glob J Qual Saf Healthc*, 5(2), 44–46. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10229001/>
- Olutade, O., Adeyinka, A., & Durodola, O. (2023). Exploring lean six sigma: A comprehensive review of methodology and its role in business improvement. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 939-945. Obtenido de t: <https://www.researchgate.net/publication/376775444>
- Pérez-Domínguez, L., Pérez-Blanco, J., García-Villalba, L., & Gómez-Zepeda, P. I. (2020). Aplicación de metodología DMAIC en la resolución de problemas de calidad. *Mundo Fesc*, 10(19), 55-66. Obtenido de <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/508/551>
- Pijal, B., & Pineda, G. (2022). *Obtención de harina de yuca (Manihot esculenta) y plátano verde (Musa paradisiaca) a partir de materia prima proveniente del Cantón Arajuno*. Recuperado el 04 de 08 de 2024, de Universidad Politécnica Estatal del Carchi: <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1534/1/075-%20PIJAL%20BETHY%20-%20PINEDA%20G%C3%89NESIS.pdf>
- Ponsiglione, A., Ricciardi, C., & Scala, A. (2021). Application of DMAIC cycle and modeling as tools for health technology assessment in a university hospital. *J Healthc Eng*. doi:10.1155/2021/8826048
- Prasetyo, Y., Santiago, M., Persada, S., & Chuenyindee, T. (2022). The Utilization of Six Sigma DMAIC Methodology in the Improvement of the Quality and Application of Methyl Methacrylate (MMA)-Based Elastomeric Membrane. *Association for Computing Machinery*. Obtenido de <https://doi.org/10.1145/3545897.3545918>
- Sharma, P., Malik, S., & Gupta, A. (2019). A DMAIC Six Sigma approach to quality improvement in the anodising stage of the amplifier production process. *Int J Qual Reliab Ma*. doi:10.1108/IJQRM-08-2017-0155
- Silva, Q., Lourenço, E., & Martins, C. (2020). Application of DMAIC method in an industrial case study. *Proceedings of the 4th ICQEM Conference*. Obtenido de <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/72027/1/Application%20of%20DMAIC%20method%20in%20an%20industrial%20case%20study.pdf>
- Silvia, V.-J., Botero Bolívar, S., & Donado-Gómez, J. H. (2022). Planteamiento del problema de un proyecto de investigación: escritura y formulación en ciencias de

la salud. *Revista Salud Uninorte*, 38(3), 919-931.
doi:<https://doi.org/10.14482/sun.38.3.610.72>