



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
SNACKS DE PLÁTANO VERDE DE UNA EMPRESA DE ALIMENTOS
MEDIANTE EL CICLO DMAIC**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de ingeniero industrial

**AUTORES: ÁVILA ROSADO ARIANNA JAMILETH
ROSERO BENAVIDES JHALMAR ARIEL**

TUTORA: ING. DANIELA VERÓNICA GARCÍA TUMIPAMBA MSC.

Quito-Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Arianna Jamileth Ávila Rosado con documento de identificación N° 1206106153 y Jhalmar Ariel Rosero Benavides con documento de identificación N° 1727063792; manifestamos que: Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 08 de agosto de 2024

Atentamente,



Arianna Jamileth Ávila Rosado
1206106153



Jhalmar Ariel Rosero Benavides
1727063792

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Arianna Jamileth Ávila Rosado con documento de identificación N° 1206106153 y Jhalmar Ariel Rosero Benavides con número de identificación N° 1727063792, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "Propuesta de mejora en una línea de producción de snacks de plátano verde de una empresa de alimentos mediante el ciclo DMAIC", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Industriales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 08 de agosto de 2024

Atentamente,



Arianna Jamileth Ávila Rosado
1206106153



Jhalmar Ariel Rosero Benavides
1727063792

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Daniela Verónica García Tumipamba con documento de identificación N°1722418124, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE MEJORA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SNACKS DE PLÁTANO VERDE DE UNA EMPRESA DE ALIMENTOS MEDIANTE EL CICLO DMAIC, realizado por Arianna Jamileth Ávila Rosado con documento de identificación N° 1206106153 y Jhalmar Ariel Rosero Benavides con número de identificación N° 1727063792, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 08 de agosto de 2024

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Daniela Verónica García Tumipamba', with a stylized flourish at the end.

Ing. Daniela Verónica García Tumipamba M.Sc.

CI: 1722418124

ÍNDICE GENERAL

Introducción	1
Antecedentes	1
Problema	2
Justificación	3
Objetivos	4
<i>Objetivo General</i>	4
<i>Objetivos Específicos</i>	4
Metodología	5
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Aspectos generales del plátano verde	1
1.2 Propiedades químicas del plátano verde	2
1.3 Clasificación del plátano verde	3
1.4 Variedades de plátano verde	3
1.5 Provincias con más cosechas de plátano verde	4
1.6 Industria alimenticia del plátano verde	6
<i>1.6.1 Fritura del plátano verde</i>	7
<i>1.6.2 Residuos del plátano verde dentro de la industria</i>	7
<i>1.6.3 Pardeamiento enzimático</i>	8
1.7 Producción de snacks a base de plátano verde	10
<i>1.7.1 Empresas de elaboración de snacks</i>	10
1.8 Metodología Six Sigma	12
<i>1.8.1 Ciclo DMAIC</i>	13
1.9 Indicadores de gestión	13

1.9.1	<i>Eficiencia</i>	13
1.9.2	<i>Productividad</i>	16
CAPÍTULO II		18
DIAGNÓSTICO DEL PROCESOS PRODUCTIVO		18
2.1	Generalidades	18
2.2	Ciclo DMAIC	19
2.2.1	<i>Fase Definir</i>	19
•	<i>Diagrama del proceso productivo de snacks de plátano verde</i>	20
a.	<i>Recepción de la materia prima</i>	24
	<i>Proceso de medición de parámetros</i>	27
b.	<i>Almacenamiento en cuarto frío</i>	32
c.	<i>Selección plátano verde</i>	34
d.	<i>Rebanado</i>	36
e.	<i>Freidor</i>	37
f.	<i>Sazonado</i>	38
g.	<i>Empaque</i>	39
2.2.2	<i>Fase Medir</i>	40
2.2.2.1	<i>Consumo de materia prima</i>	40
2.2.3	<i>Fase Analizar</i>	62
CAPÍTULO III		72
PROPUESTA DE MEJORA		72
2.2.4	<i>Fase Mejorar y Controlar</i>	72
2.2.4.2	<i>Almacenamiento en el cuarto frío</i>	76
2.2.4.3	<i>Proceso selección de plátano verde</i>	84
2.2.4.4	<i>Línea de producción</i>	90
	<i>Mapeo de Desperdicios</i>	90
2.4.5	<i>Fase Controlar</i>	1
Conclusiones		1
REFERENCIAS		2

Índice de tablas

Tabla 1. Composición nutricional del plátano verde [8].	2
Tabla 2. Variedades de plátano verde [13].	4
Tabla 3. Especificaciones del plátano verde	25
Tabla 4. Mediciones realizadas por el Departamento de Calidad.	30
Tabla 5. Termostato cuarto frío.	32
Tabla 6. Almacenamiento de materia prima en cuarto frío.	33
Tabla 7. Desechos de materia prima no aceptables.	35
Tabla 8. Consumo de materia prima año 2022.	40
Tabla 9. Consumo de materia prima año 2023.	42
Tabla 10. Consumo de materia prima año 2024.	44
Tabla 11. Eficiencia del año 2022.	46
Tabla 12. Eficiencia del año 2023.	47
Tabla 13. Eficiencia de los primeros 6 meses del año 2024.	49
Tabla 14. Resumen de los consumos de materia prima.	50
Tabla 15. Cuadro resumen de la productividad año 2022.	52
Tabla 16. Cuadro resumen de la productividad año 2023.	54
Tabla 17. Cuadro resumen de la productividad año 2024 (Enero-Junio).	55
Tabla 18. Cuadro comparativo de la productividad.	57
Tabla 19. Cuadro resumen de costos de materia prima cruda.	59
Tabla 20. Resumen de los costos ocasionados por desperdicios de materia cruda y frita.	61
Tabla 21. Propuesta de mejora para la recepción de materia prima.	65
Tabla 22. Propuesta de mejora para el almacenamiento cuarto frío.	66
Tabla 23. Termostato cuarto frío.	66
Tabla 24. Apilamiento de materia prima.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 25. Propuesta de mejora para la selección del plátano verde.	69
Tabla 26. Propuesta de mejora para la línea de producción.	70
Tabla 27. Recepción de materia prima.	73
Tabla 28. Lista de Chequeo, recepción de materia prima.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 29. Registro de recepción de materia prima.	75
Tabla 30. Propuesta de mejora la zona de almacenamiento en el cuarto frío.	76
Tabla 31. Propuesta de mejora para el proceso de selección de plátano verde.	85
Tabla 32. Desglose de zonas del mapeo de desperdicios.	¡Error! Marcador no definido.

Índice de Tablas

Figura 1. Provincias del Ecuador con más cosechas de plátano verde, [14].	5
Figura 2. Proceso químico, pardeamiento enzimático, [20].	9
Figura 3. Ciclo DMAIC, [29].	12
Figura 4. Layout línea de producción de snacks a base de plátano verde.	19
Figura 5. Diagrama de proceso.	21
Figura 6. Diagrama de flujo de la producción de snacks a base de plátano verde.	22
Figura 7. Mapa de procesos línea de producción de snacks de plátano verde	24
Figura 8. Formato de recepción de la materia prima.	24
Figura 9. Tabla Militar o Military Standard.	28
Figura 10. Tamaño de la muestra	29
Figura 11. Banda de cangilones.	34
Figura 12. Cuchillas onduladas dentro del Rebanador.	36
Figura 13. Diferencia de consumos del año 2022.	41
Figura 14. Diferencia de consumos del año 2023	43
Figura 15. Diferencias de consumo de los 6 meses del año 2024.	44
Figura 16. Visual de la eficiencia del año 2022.	46
Figura 17. Visual de la eficiencia del año 2023.	48
Figura 18. Visual de la eficiencia del año 2024 del periodo enero-junio.	49
Figura 19. Eficiencia Operativa.	50
Figura 20. Resumen Histórico de Productividad.	57
Figura 21. Diagrama de Ishikawa sobre los consumos de materia prima.	63
Figura 22. Apilamiento de bins en cuarto frío.	68
Figura 23. Pedacería plátano verde.	69
Figura 24. Tambor giratorio.	71
Figura 25. Check List de recepción de materia prima.	74
Figura 26. Sistema Andon, detección de variaciones de temperatura.	77
Figura 27. Formato de mantenimiento preventivo.	78
Figura 28. Diseño de estantería de bins de materia prima.	80
Figura 29. Etiqueta para los bins de materia prima.	81
Figura 30. Check List de cuarto frío.	82
Figura 31. Cartelera de limpieza y orden del cuarto de almacenamiento de materia prima.	83
Figura 32. Cronograma de capacitación.	84
Figura 34. KANBAN para flujo de bins de materia prima.	86
Figura 35. Prototipo para mediciones de longitud de plátano verde.	87
Figura 36. Cronograma de capacitaciones.	88

Figura 37. Formato de mapeo de desperdicios de la línea de producción de snacks de plátano verde.....	91
Figura 38. Zona Básico del formato del mapeo de desperdicios.....	1
Figura 39. Consumos de plátano.....	1
Figura 40. Registro de los desperdicios generados en cada zona de la línea de producción.....	1
Figura 41. Esquema simplificado del mapeo de desperdicios.....	1
Figura 42. Registro de la cantidad total producida.....	1
Figura 43. Registro del desperdicio por área.....	1
Figura 44. Gráfico de los desperdicios generados en cada zona de la línea de producción.....	1
Figura 45. Registro del desperdicio causado por zonas del Turno 1.....	2
Figura 46. Registro de los resultados del mapeo de desperdicios.....	1
Figura 47. Gráfica del mapeo de desperdicios.....	1

Introducción

Antecedentes

En la industria alimentaria, la producción de snacks ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, impulsado por la demanda de productos saludables y convenientes [1]. Los snacks de plátano verde, en particular, se han posicionado como una opción atractiva debido a sus beneficios nutricionales y su versatilidad. Sin embargo, para mantener la competitividad en el mercado, las empresas deben optimizar continuamente sus líneas de producción.

La empresa objeto de estudio, dedicada a la producción de alimentos, ha identificado la necesidad de mejorar su línea de producción de snacks de plátano verde. Actualmente, esta línea presenta varios desafíos que impactan la eficiencia y a los consumos de la materia prima. Entre los principales problemas detectados se encuentran los sobreconsumos relacionados a la materia prima dentro de la línea de producción, lo que a su vez impacta directamente a la eficiencia, indicador utilizado para poder determinar la productividad de cada año, lo que simboliza en retribuciones económicas para la empresa. Además, el excesivo consumo del plátano simboliza desembolsos significativos de materia prima para poder cumplir con las órdenes de producción.

Según Insfran y Redondo [2], la implementación de mejoras en los procesos productivos puede generar un aumento significativo en la eficiencia operativa. Por ejemplo, el uso de técnicas de mejora continua como Lean Manufacturing y Six Sigma han demostrado ser efectivas en la reducción de desperdicios y la mejora de la calidad del producto. Además, la automatización de procesos y la optimización de la cadena de suministro se han identificado como estrategias cruciales para incrementar la productividad y reducir costos. Según un estudio realizado por Alnadi y McLaughlin [3], éstas prácticas no solo mejoran la eficiencia, sino que también proporcionan una ventaja competitiva en el mercado global.

En el contexto de la producción de snacks de plátano verde, se debe considerar factores como la adecuada selección de materia prima, la estandarización de cortes de la misma y control de la temperatura en el proceso de fritura. La mejora de estos aspectos no solo contribuirá a

la eficiencia operativa, sino que también garantizará la consistencia en la calidad del producto, lo cual es fundamental para satisfacer las expectativas del consumidor y cumplir con los estándares regulatorios.

Problema

La empresa de alimentos donde se realizó la investigación está especializada en la producción de snacks de consumo masivo a nivel nacional e internacional, utilizando materias primas como la papa, el maíz y el plátano; siendo este último, el objeto de estudio del presente trabajo. Actualmente; se está considerando reducir los consumos de la materia prima a fin de mejorar la eficiencia del plátano verde y así lograr disminuir la cantidad de desperdicio tanto de materia prima cruda como frita, generadas dentro de la línea de producción, y así ir eliminando paulatinamente los impactos económicos provocados por el sobreconsumo del plátano verde.

El problema surge debido a la falta de análisis y búsqueda de oportunidades de mejora dentro de la línea de producción, lo cual ha resultado en un consumo excesivo de la materia prima, afectando la eficiencia del plátano que para el 2021 y 2022 los registros evidencian una eficiencia inferior a la meta del 94%, objetivo que, mediante las propuestas presentadas en este trabajo, se busca mejorar. Una baja eficiencia constituye uno de los principales puntos de mejora dentro de la línea. Un estudio realizado por Acevedo, et al. [4], indica que la implementación de técnicas de mejora continua puede aumentar la eficiencia de las materias primas en un porcentaje considerable, lo cual sería significativo para esta empresa.

Se han detectado cantidades significativas de consumo no planificado de plátano verde, lo que se traduce en pérdidas económicas tanto por la adquisición de materia prima, así como también en la contratación de gestores de desechos que entre mayor sea el volumen y la frecuencia con la que se generan los desperdicios, mayores serán los costos de control y gestión de residuos por parte del proveedor.

La empresa en estudio tiene como objetivo principal la producción de snacks para el consumo nacional, por lo que debe cumplir con especificaciones de calidad y tiempos de vida útil. Aunque actualmente el producto satisface los requerimientos del consumidor,

busca mejorar y ofrecer un producto que salvaguarde los estándares de calidad impuestos por la empresa, pero buscando el mejoramiento continuo en lo que a optimización y utilización de sus materias primas se refiere.

Con el pasar del tiempo, la producción de snacks en Ecuador se ha especializado, identificando oportunidades en distintos mercados y desarrollando planes estratégicos para adaptarse a las necesidades del consumidor. De esta manera se pueden elaborar productos de calidad que incluyan buenas prácticas de manufactura [5].

Justificación

La optimización y mejora en la línea de producción de snacks de consumo masivo a nivel nacional, utilizando el plátano verde como materia prima principal, representa una oportunidad estratégica para la empresa de alimentos. La eficiencia subóptima del plátano verde en estos procesos no solo afecta las ganancias de la empresa, sino que también representa una prioridad para cumplir con su objetivo de producción industrial en base a la responsabilidad medioambiental. Por tanto, es importante controlar y mejorar los procesos relacionados con la fabricación de snacks a base de plátano verde para reducir los desperdicios en la línea de producción, lo que resultará en una mejor eficiencia del plátano verde y una gestión más eficiente de la materia prima.

Las estadísticas indican que la producción de chifle tiene como objetivo ser un producto de bajo costo. Considerando esta premisa, es importante determinar la edad de cosecha ideal para la producción del snack de plátano, así como para que los productores puedan llevar a cabo la cosecha en la semana ideal para que el chifle sea de excelente calidad. Este aspecto es fundamental para asegurar que el producto final cumpla con los estándares de calidad esperados por los consumidores y maximice la eficiencia del uso de la materia prima en la línea de producción.

Además, es necesario establecer un sistema de control de calidad que se encargue de coordinar, controlar y ejecutar las actividades destinadas a proporcionar al cliente un producto acorde a sus exigencias. Uno de los aspectos principales es establecer políticas claras de calidad que definan los lineamientos a seguir. Para llevar a cabo este proceso, es

primordial establecer objetivos específicos que promuevan el mejor desempeño de la empresa y permitan alcanzar reconocimiento en el mercado. Esto no solo mejorará la satisfacción del cliente, sino que también fortalecerá la posición de la empresa en un mercado altamente competitivo.

Objetivos

Objetivo General

Establecer una propuesta de mejora en la línea de producción de snacks de plátano verde de una empresa de alimentos mediante la implementación del método de DMAIC.

Objetivos Específicos

- Analizar cada fase del proceso de fabricación que interviene en la línea de producción de snacks elaborados con plátano verde para conocer la situación actual de la empresa.
- Evaluar el proceso productivo mediante indicadores de producción para establecer oportunidades de mejoramiento.
- Desarrollar una propuesta integral de mejora para la reducción del sobreconsumo en la línea de producción de snacks de plátano verde.

Metodología

Este proyecto de titulación se fundamenta en realizar un estudio técnico operativo en el que se utilizó métodos cuantitativos para determinar las diferentes variables que afectan a la eficiencia, como lo es el sobreconsumo de la materia prima y cómo esto tiene su incidencia en los costos finales. En lo que respecta al análisis cualitativo, se implementó herramientas de análisis de causa-raíz como lo es el Diagrama de Ishikawa, a fin de identificar las principales causas que generan efectos negativos dentro de la línea de producción.

Para mejorar la eficiencia y la productividad, se analizaron los consumos de plátano verde efectuados desde enero del año 2022 hasta junio del presente año. Este análisis tuvo como objetivo principal observar el impacto en la eficiencia del uso del plátano verde, así como también el de identificar y cuantificar el sobreconsumo tanto de la materia prima cruda, como procesada. Al comparar estos datos durante el período previamente contemplado, se pudo identificar tendencias en los datos y áreas de mejora en el proceso de producción.

Para esto, se implementaron los principios de la metodología de DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), con el objetivo de obtener una perspectiva correctamente sustentada en datos y apoyada en la parte experimental que se obtuvo mediante el análisis de campo. Cabe mencionar que cada etapa dentro de la metodología de DMAIC contribuyó a que se logre encontrar y analizar posibles causas que pudieron promover a que se generen los sobreconsumos del plátano verde dentro de la línea de producción.

Después de un análisis detallado de cada una de las etapas que conforman la línea de producción y los sobreconsumos identificados en cada una de ellas, se procedió a la generación de propuestas enfocadas a controlar y mitigar el mal uso de la materia prima dentro de la línea de producción. Estas propuestas fueron sustentadas en herramientas de mejora continua y de manufactura esbelta, pues permiten establecer planes de acción mejor sustentados y en base a procedimientos que han comprobado ser exitosos dentro del sector industrial.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Aspectos generales del plátano verde

El origen del término plátano verde podría tener su origen en el árabe (“Mouz” o “Maouz”) o estar relacionado con el médico romano Musa. La planta del plátano pertenece a la familia de las musáceas y es una monocotiledónea de gran tamaño, pudiendo alcanzar entre 1,5 y 6 metros de altura. Para su cultivo exitoso, requiere condiciones tropicales, con temperaturas adecuadas y precipitaciones moderadas, que permitan un crecimiento uniforme a lo largo del año. [6].

El plátano verde, clasificado científicamente como *Musa paradisiaca*, ocupa una destacada posición como el cuarto alimento más importante a nivel global, superado únicamente por el trigo, arroz y maíz. Estos frutos se erigen como elementos básicos en la dieta de muchas culturas alrededor del mundo y desempeñan un papel crucial en la seguridad alimentaria. Además de su valor nutricional, el cultivo y comercio de plátanos y bananos generan importantes oportunidades de empleo [7].

El plátano macho, plátano verde o plátano para cocer es una especie paradisiaca, más grande y menos dulce con relación a otras variedades de la misma familia. Su origen data en el Sudoeste Asiático, sin embargo, su producción se ha extendido a Sudamérica, Centroamérica y África Subtropical [8].

El cultivo de plátano en el Ecuador, pese a su importancia en la economía nacional como alimento básico y producto de exportación, enfrenta significativos desafíos en términos de desarrollo tecnológico y productividad. La producción promedio en el país es inferior a 5 ton/ha, comparada con rendimientos superiores a 10 ton/ha en otros países de la región. Esta brecha se debe a la incidencia de plagas como nemátodos y picudo negro, enfermedades como sigatoka negra y fusarium, falta de conocimiento en tecnologías eficientes y gestión inadecuada de la fertilidad del suelo, limitando así las oportunidades para fortalecer la cadena de valor del plátano en Ecuador [9].

1.2 Propiedades químicas del plátano verde

El plátano verde destaca como una fuente de nutrientes esenciales para el organismo humano, con una composición química que incluye potasio, fósforo, magnesio, hierro y sodio. Ésta característica lo convierte en una elección frecuente entre deportistas, ya que su consumo se asocia de manera positiva con la mejora de contracción muscular y el rendimiento cardiaco. De hecho, la pulpa del plátano puede proveer hasta un 23% del requerimiento diario de potasio de una persona, lo cual lo posiciona como una opción relevante para mantener un equilibrio nutricional [6].

Este alimento se comercializa comúnmente a granel y tiene una composición química que incluye un 76,07% de agua, 17,83% de azúcares, así como pequeñas cantidades de grasas y proteínas (<0,5% y 1,40%, respectivamente). En cuanto a minerales, el potasio es el más abundante en el plátano, con una concentración de 419,9 mg, seguido por el magnesio con 36,73 mg y el fósforo con 22,69 mg. Respecto a las vitaminas, contiene vitamina B3 (también conocida como niacina), vitamina B6 y vitamina C [8]. Más detalles sobre los valores nutricionales del plátano verde se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición nutricional del plátano verde [8].

Valores nutricionales	Consumo de 100 g por producto
Valor energético	93 kcal
Proteínas	1,40g
Hidratos de carbono (azúcares)	21,7g
Fibra	2,2 g
Grasas	<0,5g
Vitamina B6	0,52mg
Vitamina C	12,35 mg
Potasio	419,19 mg

Valores nutricionales del verde.

Según la composición química que se muestra en la Tabla 1, la pulpa de la Musa Paradisiaca (plátano verde), tiene diversas propiedades, dentro de las cuales se destaca: el potencial de hidrogeno (pH) en un 4,7, la acidez titulable en un 0,64 (% ácido málico/ 100g de pulpa), y los sólidos solubles con 26,2 Brix [10].

1.3 Clasificación del plátano verde

En Ecuador, las principales variedades de plátano cultivadas son Dominico y Barraganete, siendo Dominico la más difundida y destinada mayormente al consumo nacional. La producción de Barraganete, que representa el 35%, se clasifica en tres genomas: AABB Barraganete, ABB Simonds Dominico Hartón, y AAB Dar Hartón Curare Enano. Tradicionalmente, esta especie se ha cultivado junto con café y cacao, sin una normativa específica de manejo productivo o técnico. Los huertos caseros desempeñan un papel crucial en la alimentación de la costa ecuatoriana, consolidándose como un alimento primordial [11].

El plátano barraganete es de gran altura más de 5mts. tiene fustes medianos, es decir de 60 cm de CAP, su fruto es de color verde, brillante, sus aristas son más pronunciadas, en esta variedad puede ser una fruta de exportación, sin embargo, el grado de madurez de la fruta puede ser un limitante en la edad del corte así como también lo puede ser para ganar más peso [12].

1.4 Variedades de plátano verde

A continuación, se presenta una tabla que detalla las principales variedades de plátano verde cultivadas en Ecuador, destacando sus características específicas. Proporciona información clave sobre el largo y el ancho de la fruta, la temporada de mayor producción, el aspecto y las particularidades del sabor de cada variedad. Las variedades incluidas son: Barraganete, Maqueño y Dominico, cada una con atributos únicos que influyen en su uso y preferencia tanto en el consumo local como en aplicaciones culinarias específicas [13].

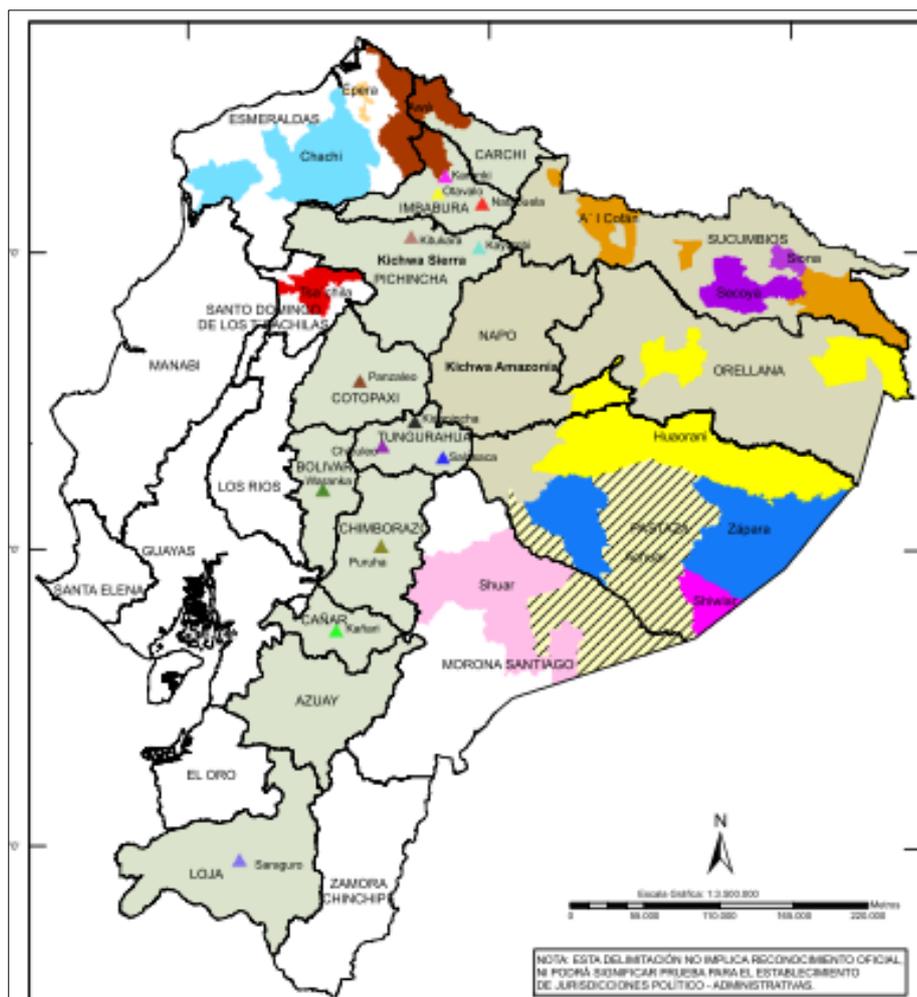
Tabla 2. Variedades de plátano verde [13].

Variedad	Ancho de la fruta (cm)	Largo de la fruta (cm)	Características del plátano verde
Dominico	22 – 30	2 - 4	Sabor muy amargo, cocción necesaria para suavidad.
Barraganete	22 – 30	2 - 5	Mayor producción en época de invierno.
Maqueño	20 -25	2- 4	Piel rosada, pulpa pegajosa y dulce

1.5 Provincias con más cosechas de plátano verde

El plátano se cultiva en la mayor parte de las provincias del país, a excepción de Carchi y Tungurahua, en Azuay, Chimborazo, Bolívar y Loja, se encuentra la superficie mínima. El 16.06% corresponde a la superficie sembrada en las provincias de la sierra, sin embargo, su rendimiento alcanza solo el 4.46%. En las provincias de la costa la superficie plantada corresponde al 82.05% y su producción alcanza el 95.22% principalmente para efectos de exportación [11].

La provincia de Manabí, a pesar de contar con condiciones climáticas y de suelo adecuadas para la siembra, enfrenta fuertes inundaciones que limitan su desarrollo agrícola, resultando en un decrecimiento controlado. En contraste, provincias como Guayas, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas muestran una producción significativa en estas plantaciones. Adicionalmente, las provincias orientales de Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe también contribuyen notablemente a la producción. En general, la ubicación de Ecuador en la zona tórrida del continente proporciona un ambiente favorable para el desarrollo continuo de estas plantaciones a lo largo del año [14].



LEYENDA		Pueblos:	
Nacionalidades:			
	Awá		Chibuleo
	Chachi		Natabuela
	Épera		Otavalo
	Tsa'chila		Panzaleo
	A'í Cofán		Puruha
	Secoya		Salasaca
	Siona		Saraguro
	Huorani		Manta-Huancavilca
	Shuar		Waranka
	Achuar		
	Shiwar		
	Zápara		
	Kichwa Sierra		
	Kichwa Amazonia		

Figura 1. Provincias del Ecuador con más cosechas de plátano verde, [14].

1.6 Industria alimenticia del plátano verde

El plátano es un alimento básico y el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo, esencial para la seguridad alimentaria de millones de personas en el mundo en desarrollo debido a su comercialización local, que proporciona ingresos y empleo a las poblaciones rurales. Además, es un rubro significativo de exportación, siendo la fruta fresca más exportada en volumen y valor, lo que lo convierte en un componente crucial de la economía de muchos países con déficit alimentario y bajos ingresos, como Ecuador, Guatemala, Honduras, Camerún, Costa de Marfil y Filipinas [15].

En el proceso de industrialización del plátano, la cáscara, que representa aproximadamente el 30% del peso del fruto, se destaca por su composición rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos polinsaturados y potasio, lo que permite su uso en diversas aplicaciones. Además, se ha logrado producir carbón vegetal a partir de la cáscara, proporcionando una fuente de combustible alternativa para cocinar [16].

Cabe resaltar que, en el tema de salud, según Vásquez [15] reporta que, en conjunto con otras sustancias y la cáscara de plátano, es posible obtener un ungüento que es utilizado para controlar el dolor de la artritis. También puede ser utilizado como una fuente de sustancias microbianas y antioxidantes. Es considerado como un compuesto fotoquímico con actividad contra radicales libres.

Los productos que se obtienen a partir del plátano verde se han ido innovando a nivel industrial, se lo utiliza en la elaboración de patacones, patacones congelados, en la obtención de harinas para consumo humano, tal es el caso de la harina de plátano, hojuelas de plátano, secas y/o fritas, snacks, concentrado animal [12].

La manufactura del plátano verde ofrece múltiples beneficios, ya que esta materia prima puede transformarse en diversos productos con alto valor agregado. Entre estos productos destacan los snacks fritos, que son los más consumidos a nivel nacional debido a su sabor y conveniencia. Además, el plátano verde se utiliza en la producción de papel, lo cual contribuye a la industria de empaques sostenibles. También se transforma en harinas, que son empleadas tanto en la

industria alimentaria como en la elaboración de productos para personas con necesidades dietéticas especiales [13].

1.6.1 Fritura del plátano verde

La Norma Técnica INEN 232 establece que la temperatura de fritura de los snacks varía según el tipo y la forma del alimento. Las temperaturas muy elevadas pueden causar oscurecimiento, oxidación, hidrólisis y polimerización, mientras que las temperaturas muy bajas aumentan el tiempo de fritura y la absorción de grasa, afectando la calidad del producto. Por ello, es necesario controlar la temperatura durante la fritura. La mejor práctica es usar freidores con termostato, ya que permiten regular adecuadamente la temperatura y prolongar la vida útil del aceite [12].

En este proceso el aceite actúa como trasmisor de calor a temperaturas elevadas entre (160-180 C) lo que permite un calentamiento rápido y uniforme del producto logrando así la cocción de los alimentos. Un efecto adicional es la conservación del alimento por la destrucción de microorganismos e inactivación de enzimas por activación del calor [13].

1.6.2 Residuos del plátano verde dentro de la industria

Residuo sólido o desecho: Es considerado cualquier objeto, elemento sólido o sustancia, que resulte del uso o consumo de un producto en varias actividades, pudiendo ser comerciales, industriales, institucionales, de servicios o domésticas, que son rechazadas, abandonadas y que pueden ser susceptibles de ser aprovechadas y transformadas en un nuevo bien, con un valor económico [17].

Conforme a lo establecido por el INEC, los residuos son las sustancias o restos que no representan valor económico alguno para los usuarios, sin embargo, constituyen un valor comercial para su incorporación al ciclo de vida de la materia [17].

El plátano verde está conformado por el 60% de pulpa y 40% de cáscara. En Ecuador esta fruta es considerada un producto popular y genera una gran cantidad de residuos, mismos que no

facilitan la nutrición del suelo, por lo cual impactan de manera negativa al medio ambiente al generar la propagación de diversos microorganismos, lo que determina una afectación a otros cultivos, incide en la acumulación de agua y la formación de hongos en lugares inadecuados [18].

Existe diversidad de criterios respecto a la utilización de subproductos vegetales provenientes del plátano, al considerarla materia prima para la obtención de nuevos productos, sustituir los que resultan de fuentes no renovables, se obtiene gran cantidad de desperdicio de materias orgánicas remanentes en razón de que no tienen un consumidor final [18].

En el caso del plátano, el 95% se considera residuo vegetal, ya que solo se comercializa y consume el fruto, mientras el raquis, el pseudotallo y las cáscaras se usan como abono mediante descomposición a campo abierto. Esto no solo no mejora la nutrición del suelo, sino que también fomenta la proliferación de plagas. Un análisis sugiere que estos residuos pueden aprovecharse en diversas industrias, como la de biocombustibles, biopolímeros, bioquímicos, textiles, artesanales, alimentaria y química, transformándolos en productos valiosos y sostenibles [19].

1.6.3 Pardeamiento enzimático

Pardeamiento enzimático es aquel proceso de transformación enzimática por el cual compuestos fenólicos se convierten en polímeros frecuentemente de color pardo o negros. Esta alteración es frecuente dentro de frutas, papas y vegetales, afectando a su apariencia física y generando la degradación de sus propiedades químicas, lo que dificulta su procesamiento y representa un déficit de calidad para el consumidor [20].

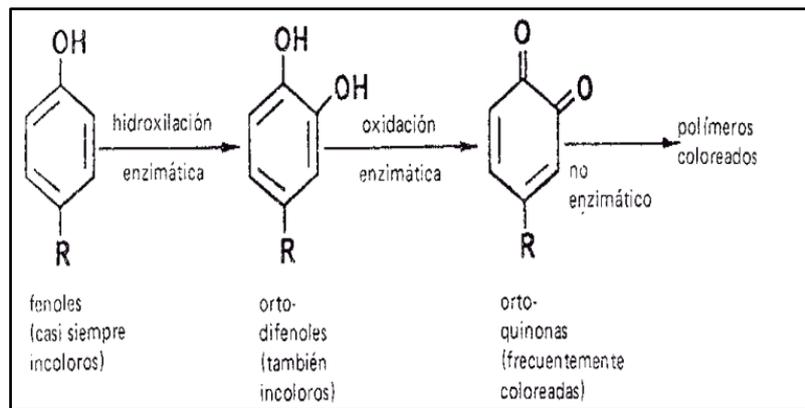


Figura 2. Proceso químico, pardeamiento enzimático, [20].

La oxidación de la fruta, como también se la conoce al pardeamiento enzimático, se genera por la presencia de polifenol oxidasa, una enzima que cataliza la hidroxilación de monofenoles a o-difenoles. El proceso por el cual los o-difenoles se oxidan y se convierten en o-quinonas, es el punto de partida para la oxidación de frutas, pues todos aquellos procesos químicos llevados a cabo después de la concepción de las o-quinonas, generan la acumulación de melanina, la cual es la causante de crear tonalidades marrones o pardas en la fruta [21].

Como se mencionó previamente, el pardeamiento enzimático es capaz de deteriorar las propiedades físicas de la fruta, lo cual provoca la reducción de su vida útil ya sea en el proceso de manipulación postcosecha o al momento de su almacenamiento. La oxidación puede traer consigo mal olor, descomposición, el cambio de color o la diversificación en la textura de la pulpa [22].

El pardeamiento enzimático es un proceso que no afecta a todas las frutas por igual, dado que cada una contiene diferentes cantidades de polifenol oxidasa activas, alterando la tasa de impacto por este proceso de oxidación. Es por tal motivo, que los métodos principales para contrarrestar este proceso se centran en inhibir esta actividad enzimática. Se ha demostrado que las bajas temperaturas no solamente permiten reducir la velocidad de la reacción, sino que juegan un rol importante en el control o destrucción de los reactivos necesarios dentro de este proceso químico [23].

1.7 Producción de snacks a base de plátano verde

La producción de snacks a base de plátano verde ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, gracias a su popularidad como alternativa saludable a los snacks tradicionales. Este tipo de producción implica varios procesos, desde la selección y el pelado del plátano, hasta su corte, fritura o deshidratación y el empaquetado final. Una de las claves para el éxito en esta industria es la implementación de metodologías eficientes que optimicen cada etapa del proceso.

Según Serrate [24], quien realizó su investigación en una empresa de la ciudad de Cajamarca en Perú, la misma se dedica a la elaboración de snack de plátano, ha logrado mejorar su línea de producción aplicando principios de Lean Manufacturing. Este enfoque les ha permitido reducir desperdicios y aumentar la eficiencia operativa, asegurando así la calidad constante de sus productos. Según un informe de la compañía, la implementación de estas metodologías ha resultado en un incremento de la eficiencia de la mano de obra en un 9%, lo que se traduce en un alza considerable en la productividad, demostrando que la mejora continua y la innovación son esenciales para el éxito de esta industria.

1.7.1 Empresas de elaboración de snacks

La industria global de snacks a base de plátano verde ha crecido de manera significativa en los últimos años, impulsada por una creciente demanda de opciones de snacks saludables y naturales. Estos snacks, conocidos por su contenido nutricional, su sabor único y sus beneficios para la salud, están captando la atención de consumidores que buscan alternativas a los productos de snack tradicionales, como las papas fritas.

Colombia es uno de los países que se ha caracterizado a nivel mundial por tener riqueza agropecuaria y por su diversidad de productos. El plátano es uno de los más importante ya que se ha distinguido al ocupar un lugar relevante en la industria productiva de snacks de consumo masivo. Según Rodelo & Benavides [25], en los últimos años se duplicó el consumo de snacks a base de plátano verde, siendo la arepa uno de los productos con mayor consumo durante los últimos diez años de ese país.

Por otro lado, se contempla a la empresa ASOPLAYBA, localizada en el municipio de Trujillo del Valle del Cauca. Esta empresa se dedica a la producción y comercialización de chips de plátano frito bajo la marca Tucán Chips. La empresa ha logrado posicionarse en el mercado regional gracias a su compromiso con la calidad y la innovación en sus procesos productivos. La empresa no solo se enfoca en mantener altos estándares de sabor y textura, sino también en implementar prácticas sostenibles que benefician tanto a la comunidad como al medio ambiente. Según el estudio realizado por Holguin [26], en el primer semestre del año 2020, la productividad decayó en un 5% por lo cual se aplicó las iniciativas de sostenibilidad y responsabilidad social corporativa y se determina significativamente la percepción de la marca y lealtad del cliente, lo que demuestra la importancia de estas prácticas en el éxito de la empresa.

Ecuador también se destaca por ser un país con mayor diversidad de climas, flora y fauna, lo que ha permitido que dentro del territorio sea posible el cultivo de gran variedad de alimentos, es por ello que en un estudio realizado por Cabrera & Almeida [27], manifiesta que pequeños emprendimientos optan por la creación de empresas que se dediquen a la producción, industrialización y comercialización de snacks de papa china, especialmente en la provincia de Sucumbíos. Por lo que dicha empresa menciona que se genera alrededor de 80% de producción nacional es decir 209.61 toneladas aproximadamente, es por ello que dicha empresa quiere mejorar su eficiencia para mejorar su producción y el desarrollo económico.

La empresa en estudio se dedica a la producción de una variedad de snacks, destacándose por su innovadora línea de productos a base de plátano verde. Ubicada en la ciudad de Quito, en la parroquia de Amaguaña, esta planta ha implementado una serie de procesos eficientes para garantizar la máxima calidad y frescura de sus productos. La empresa en cuestión se ha comprometido firmemente con la reducción de desperdicios en todas las etapas de su producción. Mediante el uso de tecnologías avanzadas y prácticas de Lean Manufacturing, la empresa no solo optimiza el uso de materias primas, sino que también se esfuerza por reciclar y reutilizar subproductos siempre que sea posible.

1.8 Metodología Six Sigma

Lean Six Sigma es una metodología que combina los principios de Lean y Six Sigma para mejorar el rendimiento de los procesos empresariales. Lean se enfoca en eliminar desperdicios y errores para aumentar la eficiencia, centrándose en la velocidad, el flujo y el costo de un proceso. En cambio, Six Sigma se dedica a mejorar la capacidad de los procesos mediante el análisis detallado, la identificación de problemas y la implementación de soluciones para garantizar la consistencia de la calidad y satisfacer los requisitos del cliente. Juntos, Lean y Six Sigma proporcionan una poderosa herramienta para identificar y resolver problemas, lo que puede llevar a una mayor satisfacción del cliente y, en última instancia, a un aumento de las ganancias [28].

La implementación de Lean Six Sigma requiere un enfoque estructurado y metódico, a menudo utilizando el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para guiar los esfuerzos de mejora continua [29]. En la Figura 3, se observa cual es el flujo del ciclo previamente mencionado:



Figura 3. Ciclo DMAIC, [29].

1.8.1 Ciclo DMAIC

El ciclo DMAIC, es una herramienta perteneciente a la metodología Six Sigma, la cual está enfocada en tratar de disminuir la variabilidad de los procesos, creando productos de calidad que permitan cumplir con las necesidades y requerimientos de los clientes. Además, esta herramienta se enfoca mucho en el análisis de datos y parte experimental, a fin de tener una visión más clara y concreta acerca de la problemática a la cual se quiere dar una solución o se busca mejorar [30].

La herramienta de DMAIC, la cual, es una abreviación de las palabras Define, Measure, Analyze, Improve y Control, que se traduce como: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Mediante la implementación de cada una de las etapas que conforman el ciclo previamente mencionado, permiten obtener mejoras dentro de los procesos productivos, reduciendo la merma y aumentando las ganancias [31].

Como se mencionó previamente, la metodología DMAIC, está enfocada en el cumplimiento de ciertas etapas que permitirían hallar áreas de mejoramiento y proponer planes de acción acorde a la problemática. En las etapas de definición, medición y análisis, lo que se busca es recabar la mayor cantidad de información necesaria en el contexto industrial al cual se quiera aplicar un estudio de mejoramiento, esto con el propósito de realizar un diagnóstico previo a la implementación o propuesta de acciones correctivas. Mientras que, por otro lado, en las etapas de mejorar y controlar, se buscar implementar todos aquellos planes de acción que permitan dar solución a los problemas encontrados en las fases anteriores[31].

1.9 Indicadores de gestión

1.9.1 Eficiencia

La eficiencia operativa se la define como la capacidad de las empresas para utilizar sus recursos de manera óptima para producir bienes de alta calidad, minimizando el desperdicio y reduciendo los costos de producción. Esto requiere la adopción de procesos eficientes, la maximización del uso de maquinaria y equipos, y la reducción de tiempos de inactividad y fallos en la cadena de producción. Una alta eficiencia operativa se traduce en una mayor

productividad, un mejor aprovechamiento de las materias primas y una mayor competitividad en el mercado. Según Ganga Contreras et al., [32], una mejora en la eficiencia operativa permite a las empresas obtener una ventaja competitiva y sostenible, al ofrecer productos de alta calidad.

Para alcanzar una alta eficiencia, las empresas deben centrarse en elementos claves. La optimización de recursos es fundamental, como lo son la mano de obra, maquinaria y materias primas, para producir más con menos. Además, según Arévalo [33] es crucial minimizar los residuos generados durante el proceso de producción mediante técnicas como el reciclaje o la reutilización. La maximización del uso de maquinaria asegura que los equipos operen al máximo de su capacidad con el mínimo de tiempo de inactividad, lo cual requiere un mantenimiento preventivo y la rápida solución de fallas.

La medición de la eficiencia operativa se realiza mediante indicadores claves de desempeño (KPIs) como la tasa de desperdicio, la productividad y los costos de producción por unidad. La tasa de desperdicio muestra la proporción de material desperdiciado, mientras que la productividad muestra la cantidad de bienes producidos por turno; y los costos de producción por unidad reflejan los costos totales de producción divididos por el número de unidades producidas, siendo una métrica decisiva para la eficiencia operativa.

Para implementar una alta eficiencia operativa las empresas pueden seguir varios pasos claves. La adopción de metodologías Lean, por ejemplo, ayuda a identificar y eliminar desperdicios en los procesos de producción. Según Benavides [34], fomentar una cultura de mejora continua es vital, donde los empleados en todos los niveles busquen constantemente maneras de mejorar los procesos.

Para la medición de la eficiencia dentro de la línea de producción de la empresa de alimentos, se utiliza la Ecuación 1, la cual se detalla a continuación:

Ecuación 1. Cálculo eficiencia.

$$Eficiencia = \frac{CT}{CR}$$

Dónde:

CT= Consumo teórico

CR= Consumo real

Esta fórmula permite relacionar los consumos teóricos necesarios para completar con el plan de producción de snacks de plátano verde, y los consumos que en realidad fueron utilizados. De esta forma, entre menos sea la diferencia entre los consumos reales contra los teóricos, la eficiencia será cada vez mayor, sin embargo, en este apartado hay que considerar que ninguna materia prima puede superar el 100% de eficiencia, por lo que, si se obtiene dicho valor, sería importante revisar nuevamente los cálculos empleados. Por otro lado, si los consumos reales superan a los teóricos, la eficiencia tenderá a disminuir, lo que representaría que se debe controlar de mejor forma la cantidad de desperdicios dentro de la línea de producción.

Por otro lado, hay que indicar que los consumos teóricos son el resultado de la multiplicación de la producción contemplada en determinado período de tiempo, por el factor base del plátano verde, que en este caso es del 200%. Este factor es un parámetro estandarizado dentro de esta compañía multinacional y es utilizado en todas sus plantas alrededor del mundo a fin de poder centralizar el cálculo del consumo teórico de la materia prima. Así pues, para obtener el valor teórico se debe aplicar la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Cálculo consumo teórico.

$$\text{Consumo teórico} = \text{Producción} * 200\%$$

De la Ecuación 2, se determina que el valor de la producción se obtiene de un sistema de control utilizado por la empresa, el cual se denomina SAP. Esta herramienta permite calcular la cantidad de pallets que ingresan a las bodegas de producto terminado y mediante la lectura de etiquetas que contienen el gramaje y el número de unidades, se puede obtener la cantidad en kilos de producto final de plátano verde que logró ser procesado y empacado. Es así, que el valor del consumo teórico simboliza la cantidad ideal de plátano verde que debió haber sido utilizada para completar una orden de producción.

Por otro lado, el consumo real no se obtiene mediante un cálculo determinado, ya que éste viene dado mediante otra transacción dentro del mismo sistema SAP, que contempla la transferencia y uso real en kilogramos de los bins de plátano verde para poder completar un pedido de producción. Es así, que, al hacer la relación entre ambos consumos, lo teórico y lo real, se logra determinar la eficiencia de la materia prima, y por lo tanto se pueden analizar puntos de mejoras, tanto en optimización de recursos, como en reducción de desperdicios.

1.9.2 Productividad

La productividad está definida como una medida de valor económico que permite calcular cuántos bienes o servicios se produjeron por cada factor utilizado. Es decir, es un indicador que relaciona la cantidad de output generadas (bienes o servicios) con la cantidad de input utilizados (recursos tales como mano de obra, maquinaria, materia prima, energía). La productividad es un concepto clave en la economía y en la gestión empresarial, ya que permite evaluar la eficiencia con la que se utilizan los recursos para generar valor [35].

Según González & López [36], la medición y análisis de la productividad son fundamentales para identificar áreas de mejora en los procesos productivos, optimizar el uso de los recursos, reducir costos y aumentar la competitividad. Un análisis detallado de la productividad puede revelar ineficiencias ocultas, permitiendo a las empresas tomar medidas correctivas para mejorar su rendimiento. Además, una mayor productividad puede traducirse en una mayor capacidad de producción sin necesidad de aumentar los recursos, lo que mejora la rentabilidad. Para fines de estudio del presente estudio, se hizo uso de la fórmula de productividad que se detalla a continuación:

Ecuación 3. Cálculo productividad.

$$Productividad = \left[\left(\frac{EPA}{EAP} \right) - 1 \right] * CRMP * CKMP$$

Dónde:

EPA= Eficiencia del presente año

EAP= Eficiencia del año pasado

CRMP= Consumo real de la materia prima

CKMP= Costo por kilo de la materia prima

La Ecuación 3 realiza una comparativa entre las eficiencias del año en curso contra la eficiencia obtenida el año pasado, y así determinar si existió una mejoría dentro de los consumos, para posteriormente contemplar el consumo real que se obtuvo del plátano verde y el costo por kilo de dicha materia prima. Adicionalmente, el costo por kilo es un dato contemplado por el departamento de Agro y Compras, los cuales se encargan de llegar a un acuerdo con los proveedores para determinar el precio del costo por kilo de plátano verde para cada mes. De esta forma, si la productividad presenta un valor positivo mayor a cero, significa que se obtuvieron retribuciones económicas por dicha materia prima. Por otro lado, si la productividad es menor a cero, es decir negativo, esto representa una pérdida económica para la empresa, pues al existir una deficiencia de la materia prima en comparación al año pasado, esto se traducirá en un mayor consumo de los recursos y por lo tanto un desembolso económico innecesario.

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DEL PROCESOS PRODUCTIVO

2.1 Generalidades

El plátano es un alimento básico y el cuarto cultivo alimentario más importante a nivel mundial, esencial para la seguridad alimentaria de millones de personas en el mundo en desarrollo debido a su comercialización local, que proporciona ingresos y empleo a las poblaciones rurales. Además, es un rubro importante en el tema de exportación, siendo la fruta fresca más exportada en volumen y valor, lo que lo convierte en un componente crucial de la economía de muchos países con déficit alimentario y bajos ingresos, como Ecuador, Guatemala, Honduras, Camerún, Costa de Marfil y Filipinas. El mayor porcentaje de la producción de plátano en el Ecuador está destinado para la exportación, el restante para el consumo interno y el producto de rechazo se utiliza en la elaboración de otros subproductos [15].

2.1.1 Proceso de Manufactura

El proceso de manufactura consiste en una serie de operaciones y técnicas empleadas para transformar materias primas en productos finales a través de procedimientos sistemáticos y controlados. Esto incluye etapas como el diseño, la planificación, la fabricación, el ensamblaje, y el control de calidad. Cuyo objetivo es obtener bienes que cumplan con especificaciones predeterminadas y satisfagan las necesidades del consumidor.

Así también Moreda [37], menciona que, la manufactura implica la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, las propiedades o el aspecto de un material inicial, con el fin de fabricar productos. Esta definición resalta la importancia de la precisión y el control en cada etapa del proceso para asegurar que el producto final cumpla con los estándares de calidad y funcionalidad esperados. Integrando estas perspectivas, se evidencia la complejidad y la importancia de los procesos de manufactura en la creación de productos de alta calidad y su papel crucial en la competitividad de las empresas en el mercado global.

Un ejemplo concreto de un proceso de manufactura es el de la producción de snacks a base de plátano verde. Este proceso se puede visualizar de manera clara y organizada mediante un mapa

de procesos de la empresa en estudio. Dicho mapa ayuda a delinear cada etapa que componen el flujo de trabajo, desde los procesos estratégicos y operacionales hasta los procesos de apoyo. Cada etapa está interconectada y depende de un flujo continuo y coordinado para maximizar la eficiencia y minimizar los desperdicios [38].

2.2 Ciclo DMAIC

2.2.1 Fase Definir

- *Layout de la línea de producción*

En la Figura 4 se observa la línea de producción de snacks a base de plátano verde, la cual cuenta con un total de 14 personas distribuidas de la siguiente manera: 2 personas en la inspección del plátano verde, 1 operador de proceso y 1 saborizador, sumando un total de 4 personas en el proceso. En el área de empaque, se cuenta con 1 operador de empaque, 8 empaques y 1 embalador, lo que da un total de 10 personas dedicadas al empaque.

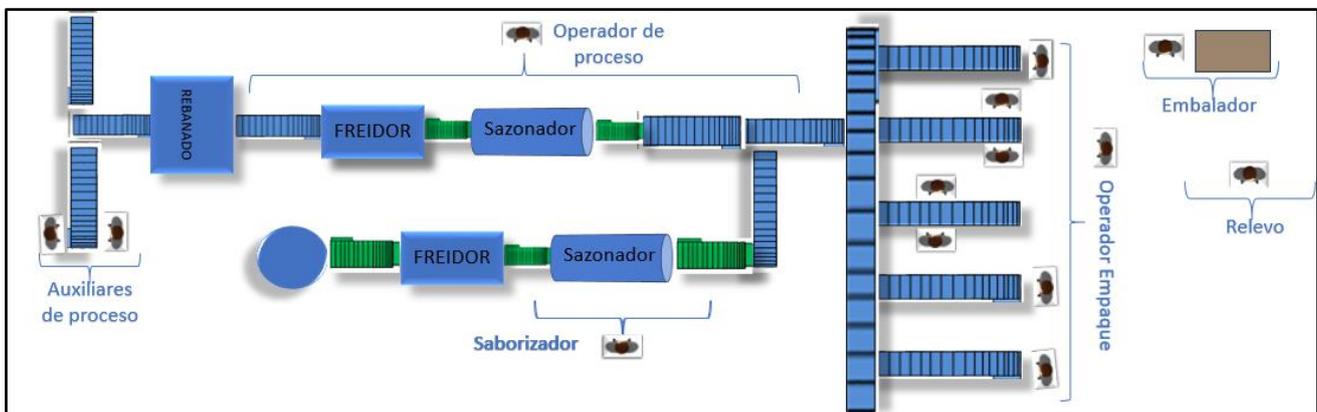


Figura 4. Layout línea de producción de snacks a base de plátano verde.

La producción de snacks a base de plátano verde comienza con la recepción de la materia prima, respaldada por el equipo de calidad que realiza mediciones y pruebas para evaluar la calidad de los lotes de plátano verde que llegan a la planta. Una vez que la fruta es liberada y aprobada, se deposita en los bins dentro del cuarto frío para preservar sus propiedades físicas y químicas hasta su procesamiento. Cuando se requiere su uso, los bins son despachados al piso de

producción, donde se inicia el procesamiento y empaque del producto. Esto se puede visualizar en la Figura 5, donde se presenta el diagrama de proceso de la línea de producción para entender todas las etapas involucradas en la creación de snacks de plátano verde.

- ***Diagrama del proceso productivo de snacks de plátano verde***

El diagrama de proceso productivo de snacks de plátano verde comienza con la recepción de la materia prima, donde los plátanos verdes son inspeccionados mediante un control de calidad para descartar aquellos que no cumplen con las especificaciones adecuadas. Después, los plátanos aceptados se almacenan en un cuarto frío a temperaturas entre 9 °C y 12 °C para mantener su calidad. Posteriormente, se seleccionan los plátanos adecuados y se rebanan en rodajas delgadas. Las rodajas son sometidas a un proceso de freído, con una temperatura inicial de 84.7 °C y una temperatura final de 84.5 °C, para convertirlas en snacks crujientes. Después del freído, los snacks se sazonan con los condimentos adecuados y finalmente se empacan. Los paquetes de snacks se almacenan hasta que estén listos para su distribución y venta. Este proceso asegura que cada etapa, desde la recepción de los plátanos hasta el almacenamiento final, se realice bajo condiciones controladas para garantizar la calidad del producto final. A continuación, en la Figura 5 se observará todo lo explicado anteriormente.

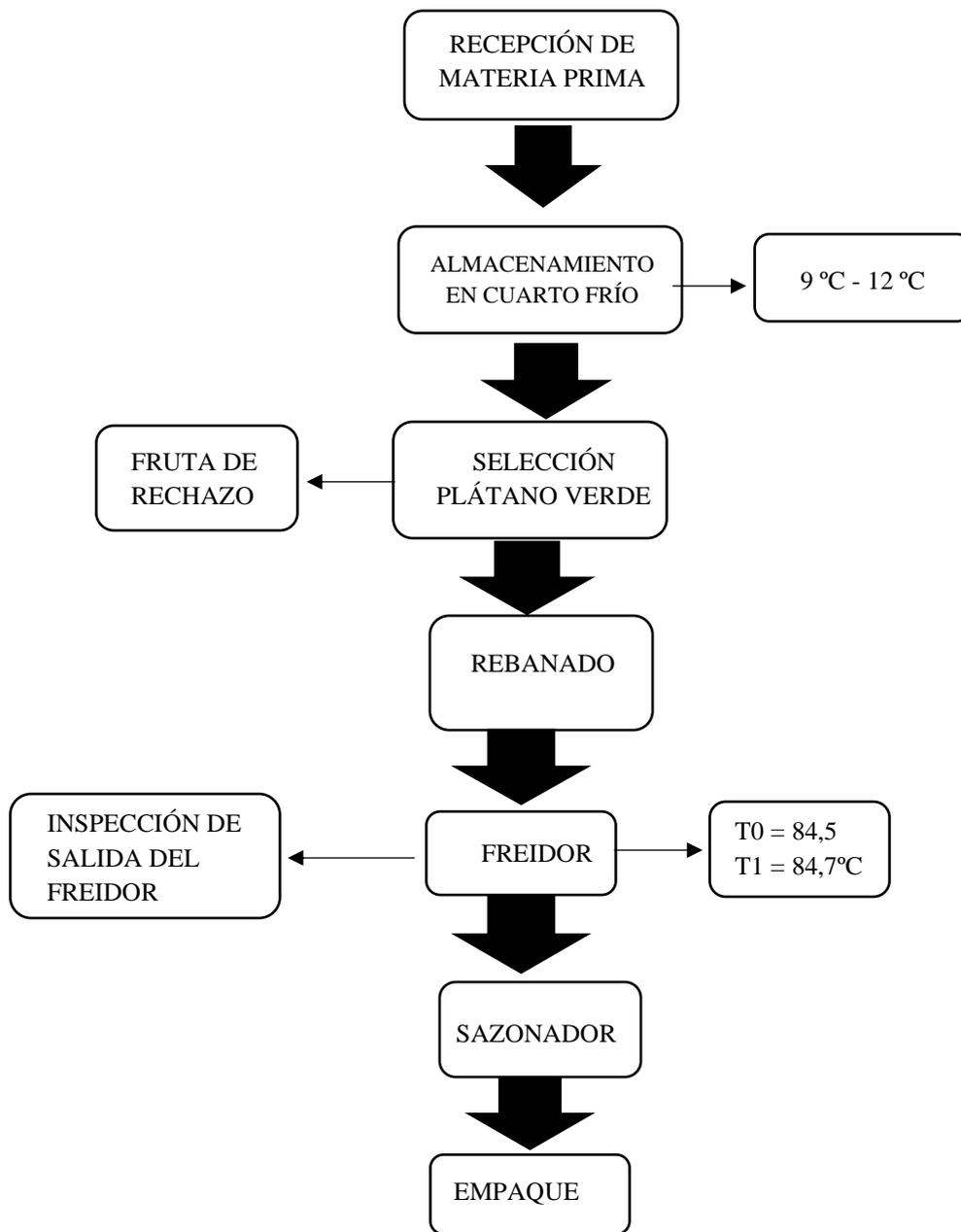


Figura 5. Diagrama de proceso.

- **Diagrama de flujo**

El diagrama de flujo de procesos es una representación visual de las actividades o tareas que se realizan a lo largo de una línea de producción o procesos. Según Moreda [37], se denomina diagrama de flujo de actividades, el cual se desarrolla a lo largo de un proceso productivo e incluye símbolos que facilitan una mejor comprensión. En la Figura 6, se observa una representación gráfica del proceso de fabricación de snacks a base de plátano verde.

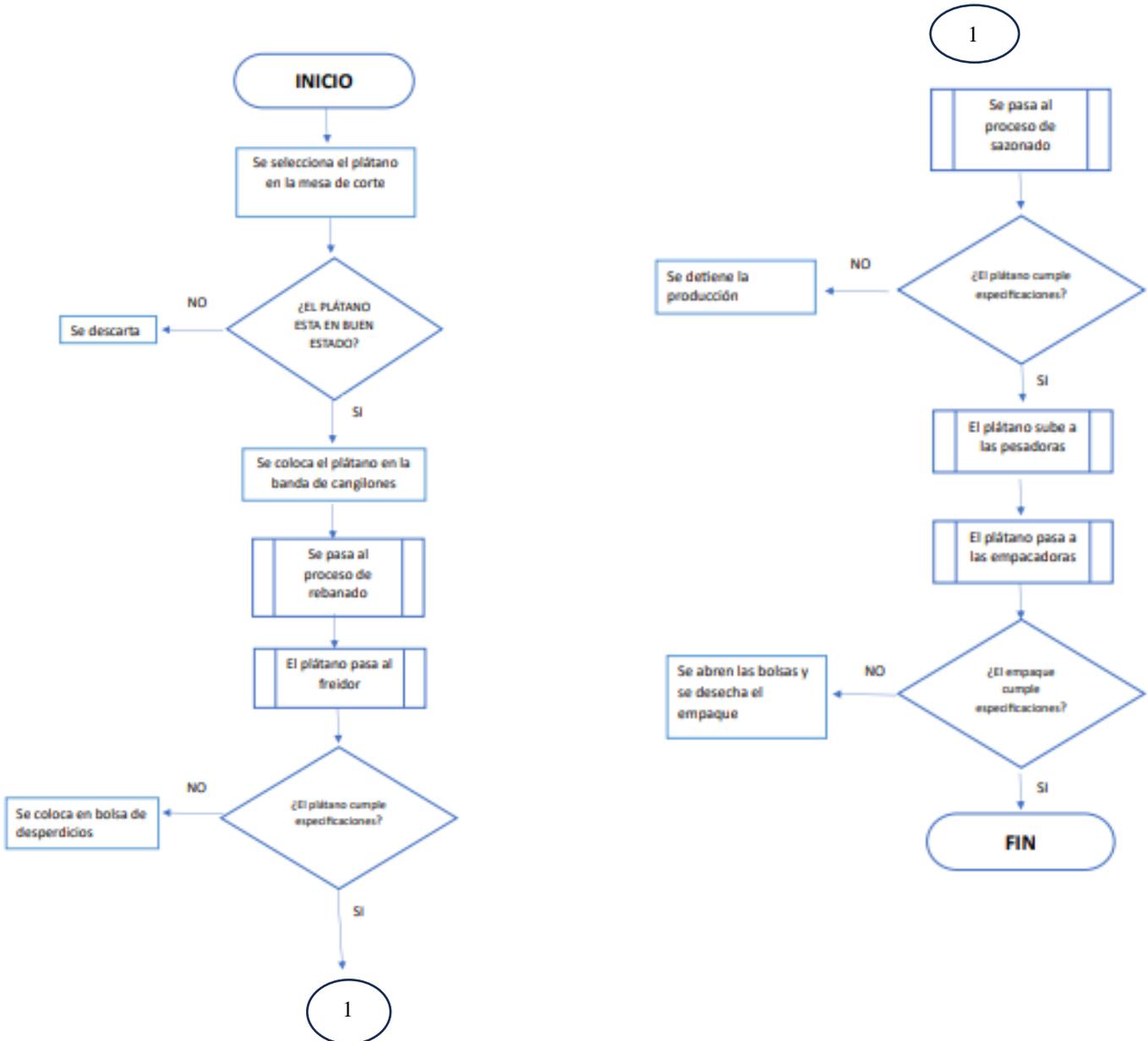


Figura 6. Diagrama de flujo de la producción de snacks a base de plátano verde.

Este diagrama proporciona una representación visual detallada y estructurada del proceso, facilitando una comprensión profunda de cada etapa, desde su inicio hasta su conclusión. Esta visualización no solo clarifica las decisiones tomadas en cada punto del proceso, sino que también ilustra claramente cómo estas decisiones impactan en el flujo general de las actividades, permitiendo identificar áreas de optimización y mejorar la eficiencia operativa de manera estratégica.

- ***Mapa de proceso***

El mapa de procesos es una gráfica que permite entender de manera visual el flujo de trabajo que se mantiene a lo largo del proceso productivo y en el que cada uno de los departamentos pertinentes aportan a la cadena de valor. En el caso de la empresa que ha sido objeto de estudio del presente trabajo, mantiene un diagrama de proceso que se detalla en el Figura 7, donde el proceso inicia con una necesidad por parte del cliente que requiere ser solventada. Dentro del proceso operacional de la planta, la recepción del plátano verde es la prima fase, donde con el apoyo de calidad y de mantenimiento se busca que la materia prima cumpla con las especificaciones impuestas por la compañía. Una vez el plátano verde es liberado, pasa al proceso de selección, donde los operadores con apoyo y gestión de los analistas de calidad, se revisa que la materia prima que va a ingresar al proceso productivo cumpla con los parámetros de calidad. Una vez ya dentro de la línea de producción, es necesario el apoyo de varios departamentos, sobre todo de mantenimiento, producción y seguridad y salud en el trabajo. Estos equipos están enfocados en salvaguardar la integridad tanto del proceso productivo, como de los funcionarios que trabajan dentro de la línea. Finalmente, el producto final es empacado, almacenado y distribuido, buscando cumplir con los requerimientos del cliente final.

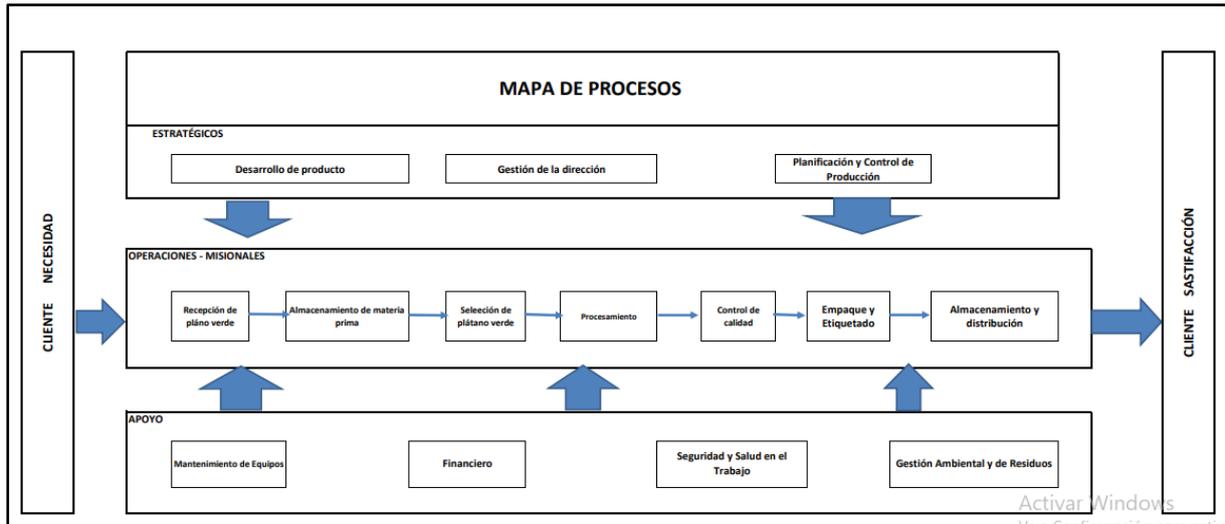


Figura 7. Mapa de procesos línea de producción de snacks de plátano verde

- **Proceso de manufactura de snacks a base de plátano verde**

a. **Recepción de la materia prima**

Como se indica en la Figura 5, la producción de snacks con plátano verde comienza desde la recepción de la materia prima, donde el departamento de control de calidad realiza un muestreo del lote que ingresa a la planta de producción, para luego realizar análisis físicos y químicos de la fruta. A continuación, se adjunta el formato de control de especificaciones del plátano verde:

		NOMBRE DE LA EMPRESA										EDICIÓN: 4	
		CLASIFICACIÓN DEL DOCUMENTO: FORMATO										FECHA DE EMISIÓN: 12/01/2016	
		TÍTULO: REGISTRO DE LIBERACION DE PLATANO VERDE										ÚLTIMA REVISIÓN: 31/01/2023	
Clave: FR-SY-CC-028		RESPONSABLE: CONTROL DE CALIDAD										Página: 1 de 1 Estatus: VIGENTE	
CÓDIGO SAP	100007994	PLÁTANO VERDE PELADO											
LOTE SAP		LVER0170	LVER0171	LVER0172	LVER0173	LVER0174	LVER0175	LVER0176	LVER0177	LVER0178	LVER0179	LVER0172	
FECHA DE RECEPCIÓN		03/01/2024	03/01/2024	03/01/2024	04/01/2024	05/01/2024	08/01/2024	08/01/2024	10/01/2024	10/01/2024	16/01/2024	16/01/2024	
PROVEEDOR		ENCALADA; FEMBERLY; SAAVEDRA; ELIZALDE	ELIZALDE	ENCALADA; FEMBERLY; SAAVEDRA; ASPRIYAN; ELIZALDE	ENCALADA; FEMBERLY; SAAVEDRA; ASPRIYAN; ELIZALDE	ENCALADA; FEMBERLY; SAAVEDRA; ASPRIYAN; ELIZALDE	ENCALADA; FEMBERLY; SAAVEDRA; ASPRIYAN; ELIZALDE	ENCALADA; FEMBERLY; SAAVEDRA; ASPRIYAN; ELIZALDE	ENCALADA; FEMBERLY; SAAVEDRA; ASPRIYAN; ELIZALDE	ENCALADA; FEMBERLY; SAAVEDRA; ASPRIYAN; ELIZALDE	ENCALADA; FEMBERLY; SAAVEDRA; ASPRIYAN; ELIZALDE	ENCALADA; FEMBERLY; SAAVEDRA; ASPRIYAN; ELIZALDE	
Humedad (lim sup)	<= 65.00	64.03	64.03	62.38	63.44	61.67	63.64	63.64	64.28	62.07	63.42	63.40	63.40
Grados Brix	0.00 - 7.00	2.9	2.90	3.60	2.60	3.60	6.00	6.00	3.10	4.00	4.00	4.80	4.80
Material extraño	Cumplimiento	0001 CUMPLE	0001 CUMPLE	0001 CUMPLE	0001 CUMPLE	0001 CUMPLE	0001 CUMPLE	0001 CUMPLE	0001 CUMPLE	0001 CUMPLE	0001 CUMPLE	0001 CUMPLE	0001 CUMPLE
Longitud	18.00 a 28.00	22	22	24.40	25.1	24.76	22.00	21.86	22.36	24.64	23.50	23.50	23.50
Diametro	3.20 a 4.30	3.88	3.88	3.78	3.66	3.55	3.50	3.50	3.41	3.28	3.55	3.92	3.92
Plátano pequeño (%) (Longitud: 19 cm)	< 5.00 %	11	11	0.00	0.00	0.00	1.87	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Plátano largo (%) (Longitud: 28 cm)	< 4.00 %	0	0	0.00	0.00	3.00	2.50	2.50	3.00	0.00	2.30	0.00	0.00
Plátano delgado (%) (Dím. medida en el centro: 3.2 cm)	< 7.00 %	3,4	3,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Plátano grueso (%) (Dím. medida en el centro: 4.5 cm)	< 6.00 %	3	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Plátano curvo (%) (Dím. medida en el centro: 4.5 cm)	< 5.00 %	0	0	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00	1.10	1.14	0.00	1.00	1.00

Figura 8. Formato de recepción de la materia prima.

El formato de la Figura 8 comprende información detallada sobre la empresa en la zona del encabezado, así como del departamento encargado de la liberación de la materia prima. Además, incluye un registro exhaustivo de los resultados obtenidos de las muestras analizadas. En las columnas de la sección izquierda se enumeran todas las especificaciones que el plátano verde debe cumplir para evitar ser descartado. Entre los parámetros más relevantes se destacan los detallados en la Tabla 3:

Tabla 3. Especificaciones del plátano verde

100007994 PLÁTANO VERDE PELADO	
CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIÓN
CALIDAD FÍSICO QUÍMICA	
TEMPERATURA PULPA (°C)	N/A
°BRIX	<=7%
HUMEDAD	<=65%
MATERIA EXTRAÑA	PRESENCIA/AUSENCIA
ATRIBUTOS	
LONGITUD (cm)	18 a 28 cm
DIÁMETRO (cm)	3,2 a 4,3 cm
PEQUEÑO (<18 cm)	> 5%
LARGO (>28 cm)	>4%
DELGADO (< 3,2 cm diámetro central)	>7%
GRUESO (> 4,3 cm diámetro)	>6%
CURVO (DIAM COMO FLECHA DE ARCO >3,5 cm)	>5%
PLÁTANO MAL PELADO	>5%
PLÁTANO TROCEADO	>5%
PULPA ARRANCADA	> 5%
PULPA CORTADA	> 3%
PLÁTANO MADURO	> 3%
OTRA VARIEDAD	> 3%

En la Tabla 3 se describe las especificaciones del Plátano Verde pelado, así:

Calidad fisicoquímica:

Temperatura de pulpa (N/A): Aunque no se especifica un rango, es importante para controlar la maduración. Por lo general, se busca mantener el plátano fresco, pero no congelado.

Grados Brix ($\leq 7\%$): Mide el contenido de azúcares solubles. Un valor bajo indica que el plátano está verde, lo cual es deseable para este proceso. Valores más altos indicarían maduración avanzada.

Humedad ($\leq 65\%$): Controla el contenido de agua en el plátano. Un porcentaje adecuado es crucial para la textura final del producto y su comportamiento durante el procesamiento.

Materia extraña (Presencia/Ausencia): Se refiere a cualquier material no propio del plátano. La ausencia total es lo ideal para garantizar la calidad y seguridad del producto.

Atributos físicos:

Longitud (18 a 28 cm) y Diámetro (3,2 a 4,3 cm): Estas medidas aseguran uniformidad en el tamaño para un procesamiento consistente y un producto final homogéneo.

Defectos permitidos:

Estos porcentajes máximos permiten cierta flexibilidad en la calidad de la materia prima, reconociendo la variabilidad natural del producto:

Plátanos pequeños, largos, delgados o gruesos: afectan el rendimiento y la uniformidad del producto final.

Plátanos curvos: Pueden causar problemas en el procesamiento mecánico.

Mal pelados o con pulpa arrancada/cortada: Impactan en el rendimiento y pueden afectar la calidad visual del producto final.

Plátanos maduros: Alteran el sabor y la textura del producto final.

Otras variedades: Pueden tener características diferentes que afectan el proceso o el producto final.

Estas especificaciones están diseñadas para asegurar la calidad consistente del producto final, optimizar el rendimiento en el proceso de producción, minimizar el desperdicio y los problemas durante el procesamiento y cumplir con los estándares de calidad y seguridad alimentaria.

El cumplimiento de estas especificaciones, permiten mantener la eficiencia operativa y la calidad del producto en la línea de producción de snacks de plátano verde.

Proceso de medición de parámetros

El primer paso es realizar el cálculo para determinar el tamaño de la muestra que se requiere para hacer las mediciones respectivas por parte del departamento de calidad. Para esto, se utiliza la herramienta de calidad denominada *Tabla Militar*, la cual, como lo menciona Menduz [40], la Tabla Militar es un sistema de inspección de calidad por atributos que permite determinar el número de muestra a analizar y que será aceptado bajo el nivel de confiabilidad de adquisición y recepción de los lotes.

El sistema de la Tabla Militar se basa en dos tablas codificadas por letras, que permiten determinar el tamaño de la muestra en función del volumen de materia prima que llega a la planta. A continuación, se adjunta una gráfica de códigos correspondiente a la Tabla Militar para el tamaño de la muestra.

Códigos para Military Standard		Niveles especiales de inspección				Niveles normales de inspección		
		S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2-	8	A	A	A	A	A	A	B
9-	15	A	A	A	A	A	B	C
16-	25	A	A	B	B	B	C	D
26-	50	A	B	B	C	C	D	E
51-	90	B	B	C	C	C	E	F
91-	150	B	B	C	D	D	F	G
151-	280	B	C	D	E	E	G	H
281-	500	B	C	D	E	F	H	J
501-	1.200	C	C	E	F	G	J	K
1.201-	3.200	C	D	E	G	H	K	L
3.201-	10.000	C	D	F	G	J	L	M
10.001-	35.000	C	D	F	H	K	M	N
35.001-	150.000	D	E	G	J	L	N	P
150.001-	500.000	D	E	G	J	M	P	Q
Mayor	500.000	D	E	H	K	N	Q	R

Figura 9. Tabla Militar o Military Standard.

Dentro de la Figura 9 las columnas izquierdas presentan los rangos entre los que deberá encajar el volumen de los lotes, mientras que en la zona media de la tabla están todas aquellas subcategorías que abarcan una inspección especial, pero para los fines de este estudio, como para los realizados en la empresa, se prestará atención solo a la columna II de la sección de Niveles Normales de Inspección, ya que es la más usada en el campo industrial.

Supongamos que se receiptan 300 kg de plátano verde, lo cual se ubica en el rango entre 281-500, el cual a su vez está enlazado a la letra H. Con este dato, se revisa la columna de los niveles normales de inspección, para llegar a cuantificar primero el tamaño de la muestra, así como también el número de defectos permitidos

MIL II-A. Inspección normal

c	n	Valores de p_k - AQL																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1.000		
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re		
A	2																												
B	3																												
C	5																												
D	8																												
E	13																												
F	20																												
G	32																												
H	50																												
J	80																												
K	125																												
L	200																												
M	315																												
N	500																												
P	800																												
Q	1.250																												
R	2.000																												

n = tamaño muestral; *c* = letra código obtenida de tabla 7.5; *Ac* = número de defectuosas para aceptar; *Re* = número para rechazar.
 Los valores de AQL entre 0,01 y 10 representan % de elementos defectuosos o, si las unidades pueden tener más de un defecto, defectos por 100 unidades. A partir del valor 10 son sólo número de defectos por 100 unidades.

Figura 10. Tamaño de la muestra

La Figura 10 en cuestión presenta la codificación y el tamaño de la muestra a la que está asignada, éstas se presentan en las dos primeras columnas de la izquierda. Por lo que, continuando con el ejemplo estipulado, al obtener un valor de H, se determina que el muestreo será de 50 kg de plátano verde.

Las columnas de la parte superior son valores relacionados al nivel de calidad aceptable por la empresa o Acceptable Quality Level (AQL). Es decir, si se tiene un nivel de AQL del 1,5 con un tamaño de muestra de 50kg, la Tabla Militar para el límite de calidad aceptable contempla que se aceptará un máximo de 2kg de defectos o no conformidades dentro del lote, sin embargo, si se llegara a tener 3kg identificados con problemas de calidad, todo el lote será dado de baja.

Una vez determinado el número de bolsas necesarias para analizar las propiedades físicas y químicas del plátano verde, los analistas de calidad proceden a recolectar datos de los lotes de plátano verde. Para esto, se utiliza un flexómetro para medir propiedades físicas como el diámetro, la longitud y la curvatura de la fruta, que se mide en su centro. En relación con los desperdicios por apariencia física, se realiza un examen visual, considerando defectos como la pulpa arrancada o la pulpa cortada. Es importante destacar que estos defectos son distintos: la pulpa arrancada se refiere a la pérdida de pulpa al desprender la cáscara, mientras que la pulpa

cortada se produce al pelar la fruta con cuchillo, generando cortes que pueden dificultar el procesamiento y causar desperdicios durante la fritura. Finalmente, para los exámenes de temperatura, humedad y Grados Brix, se requiere de equipos especializados que permitan determinar sus valores exactos.

Tabla 4. Mediciones realizadas por el Departamento de Calidad.

<p>1. Diámetro</p>	
<p>2. Longitud</p>	

<p>3. Corte de pulpa</p>	
<p>4. Pulpa arrancada</p>	

En la Tabla 4 se muestran dos de las principales mediciones que se realizan al plátano verde una vez que la materia prima arribó a la planta de producción, que son el del diámetro y la longitud, que tal como se mencionó previamente, se utiliza un flexómetro que permite obtener medidas más exactas y con mayor facilidad.

El formato de recepción del banano verde registra información para el traspaso de la materia prima en cada etapa del proceso, estos datos son el código de la materia prima y el código del lote al que pertenece la fruta. La información se registra en el sistema de control denominado SAP, el cual permite conocer la cantidad en kilogramos que llegó a las bodegas de materias primas, para después mediante transferencias, pasar el material al piso de producción, donde fue receiptado para comenzar con su procesamiento. Esto es importante para el control de la trazabilidad de la empresa y el control sobre los consumos del plátano verde, lo que permite ver

diariamente la eficiencia de la materia prima e identificar ventanas de mejora dentro de la línea de producción.

b. Almacenamiento en cuarto frío

El plátano después de cumplir con los procesos establecidos para la recepción de la materia prima es liberado por el departamento de calidad y transferido al departamento de materias primas, donde con la ayuda de montacargas se apilan los bins en forma vertical dentro del cuarto frío, el cual debería mantener temperaturas entre los 9 a 12 grados centígrados. Se dispone de termostato tanto afuera del cuarto frío, como también en su interior, lo que se puede visualizar en la Tabla 5.

Tabla 5. Termostato cuarto frío.

<p>Termostato afuera del cuarto frío</p>	 <p>The image shows a control panel for a cold room. At the top, it is labeled 'TABLERO DE CONTROL CAMARA FRIA'. Below this, there are three digital displays showing temperatures: 18.1, 18.1, and 14.3. Each display is labeled 'TEMPERATURA EQUIPO 1', 'TEMPERATURA EQUIPO 2', and 'TEMPERATURA EQUIPO 3' respectively. Below the displays are three rotary switches and three green indicator lights labeled 'COMPRESOR 1', 'COMPRESOR 2', and 'COMPRESOR 3'. At the bottom, there are three red indicator lights labeled 'FALLA'.</p>
<p>Termostato en el interior del cuarto frío</p>	 <p>The image shows a digital thermometer mounted on a white wall. The thermometer has a silver and black body with a digital display showing '20.0'. The brand name 'HUANTO' is visible on the top of the device.</p>

En cuanto al almacenamiento de la materia prima, en la Tabla 6 se puede observar la forma de apilamiento de los bines, así como también la colocación de las bolsas de materia prima dentro de los mismos, factor que puede influir en la maduración temprana de la fruta y generar una mayor cantidad de desperdicio por este déficit de calidad en el plátano verde. El tiempo de almacenamiento del banano puede ser variable dependiendo de las complicaciones que puedan existir en la producción, pero se contempla que el consumo de la fruta desde su llegada hasta su presencia en la línea de producción no debe superar las 24 horas para que esta tenga sus propiedades adecuadas intactas y que la vuelvan propicias para su producción.

Tabla 6. Almacenamiento de materia prima en cuarto frío.

Bines de materia prima	
Bines de materia prima apilados	

c. Selección plátano verde

Una vez que la materia prima es liberada por el departamento de calidad y cumplió con su proceso de almacenamiento en el cuarto frío, tiempo después mediante movimiento de mercancía en SAP, se transfiere el material al piso de producción, donde el analista de producción recepta la fruta para su procesamiento. Estas actividades son importantes para poder tener un control sobre el consumo de la materia prima e identificar oportunidades en la reducción de desperdicios. Según el plan de producción, que lo estipula el departamento de planeación y de producción, se empieza a realizar los despachos de los bins de plátano verde con un montacarguista desde el cuarto frío hasta la mesa de rodillos para inspeccionar e iniciar procesamiento.

En la mesa de rodillos se encuentran dos personas que se encargan de abastecer a la banda de cangilones y de clasificar los plátanos verdes que están aptos para cumplir con el proceso de manufactura. En promedio, se tiene un consumo de un bin por hora, por lo que esto es un punto importante a tener en cuenta, ya que aquí se presentan alteraciones en temperatura y por lo tanto una mayor posibilidad de que se lleve a cabo el pardeamiento enzimático más rápido. El operador procede a abrir las bolsas en las que llegaron almacenados los plátanos verdes y empieza con el proceso de descarga de la materia prima en la banda de cangilones, uno por cada cangilón, esto se realiza a fin de evitar el taponamiento en la zona de la banda en V que conduce al rebanador y se la puede visualizar en la Figura 11.



Figura 11. Banda de cangilones.

Durante el proceso de abastecimiento, el operador tiene la potestad de desechar todo aquel plátano que presente algunos de los defectos mencionados previamente o que, por el contrario, tengan una longitud inferior a 10 cm, considerado como pedacería. También se contemplan los defectos por puntas, ya que éstas generan pedacería en el rebanador, además de acumulación en las cuchillas del mismo. En la Tabla 7 se observa los desechos de materia prima que fueron rechazados por el operario de la línea.

Tabla 7. Desechos de materia prima no aceptables.

<p>Rechazo por pedacería</p>	
<p>Rechazo por defecto de punta</p>	

d. Rebanado

Una vez concluida la selección de la materia prima, el plátano verde pasa por proceso de rebanado, el cual empieza con la banda en V que alimenta al rebanador. La banda en V o también conocida como banda trapezoidal, es un sistema de alimentación que permite una mejor distribución de las cargas, y a su vez también facilita la alineación de la fruta, ya que, al no presentar una forma uniforme, esta tendería a moverse lo que podría representar el taponamiento u obstrucción de la bajante hacia el rebanador. Como tal, el proceso de rebanado es aquel en el que se obtienen hojuelas ya sea lisas u onduladas de la fruta, las cuales se generan dependiendo del tipo de cuchillas que se encuentren en el rebanador. Hay que tomar en cuenta que el número de hojuelas que se obtienen de un plátano verde es bastante variable, pues depende de la longitud de la materia prima, así como del grosor de cada una de las hojuelas, pero en promedio, se ha considerado que, de 10 cm de plátano verde, podría obtenerse aproximadamente 30 hojuelas de la fruta con un grosor de 3mm. El grosor de la hojuela es un factor esencial dentro del control del proceso de producción, motivo por el que el operador encargado de esta zona revisa continuamente el grosor del snack y ajusta la calibración de las cuchillas.



Figura 12. Cuchillas onduladas dentro del Rebanador.

Una vez que la hojuela sale del rebanador, se impulsa con agua a través de canaletas. Este proceso se realiza con el fin de lavar y retirar cualquier impureza que pueda existir en la hojuela, para posteriormente pasar al punto de eliminación de riesgo microbiológico (*kill step*), que dentro de la línea de producción es el freidor.

e. Freidor

El freidor que utiliza la empresa cuenta con una capacidad de 800kg y funciona a una temperatura de entrada de 84,5 °C y a una temperatura de salida de 84,7°C. Este dato permite analizar y mantener controlada toda la temperatura a lo largo del freidor, a fin de reducir la posibilidad de obtener hojuelas crudas. El proceso de fritura comienza cuando el plátano verde ingresa al freidor y las paletas locas que funcionan a una frecuencia de 45.5 Hz se encargaran de asegurar su desplazamiento dentro del mismo.

La hojuela continua con el recorrido dentro del freidor hasta encontrar unas paletas llamadas sumergidoras, que tal como su nombre lo indica, sumergen las hojuelas hasta el fondo del freidor para asegurar su correcta fritura. Estas paletas funcionan con una frecuencia de 52 Hz. El tiempo que transcurre desde el ingreso de la materia prima al freidor, hasta el fin de las paletas sumergidoras es de 3 minutos. Finalmente, las hojuelas pasan a la banda de salida la cual funciona a una frecuencia de 32.5 Hz y el tiempo que transcurre hasta la salida en su totalidad de la hojuela es de 1,50 minutos. Por lo cual, se tiene un tiempo de duración promedio de fritura de 4,50 minutos. La línea de producción tiene un sistema de control, por lo que cada etapa se monitorea para mantener los parámetros dentro de especificaciones; en el caso del freidor, se controlan las variables de humedad y grasa y estas se ajustan automáticamente dependiendo del producto procesado.

Una vez las hojuelas salen del freidor, siguen su paso con bandas hacia el tambor sazonador, pero, durante este lapso, personal de la línea retira las hojuelas que presenten defectos en su coloración, textura o que se encuentren pegadas entre sí. Todos estos defectos pueden estar presentes aun manteniendo parámetros dentro de especificaciones en el freidor, motivo por el cual se tiene contemplado un desperdicio de aproximadamente el 2% de la producción a la salida del freidor. Sin embargo, si el volumen del desperdicio sobrepasa este porcentaje, los auxiliares de producción comunican del hecho al operador de turno para que éste sea la persona

responsable en dar solución al problema, empezando con la disminución de la capacidad de la línea hasta poder calibrar los parámetros necesarios, o si es necesario, solicitar el soporte del equipo de mantenimiento.

f. Sazonado

El proceso de sazonado o de condimentado como también se lo conoce, es aquel en el que la materia prima mediante la adición y compactación de un condimento adquiere el sabor característico del producto. Para el cumplimiento de esta etapa, se hace uso de un tambor sazonador rotatorio, el cual tiene forma cilíndrica y en su interior posee paletas que giran lentamente.

Dependiendo del tipo de condimento que se implemente dentro de la operación, este debe ser previamente mezclado, o por el contrario se puede adquirir ya fabricado. Una vez el condimento se encuentre en óptimas condiciones y cumpla con las especificaciones de calidad, puede ser usado dentro del proceso, por lo cual el material se deposita en la tolva de recepción, ubicada en la parte superior del tambor.

Continuando con la secuencia detallada anteriormente, el producto que ha salido del freidor y ha logrado superar la revisión de la mesa de inspección, sigue su trayecto a lo largo de una banda hacia la entrada del tambor sazonador, el cuál gira a razón de 20 vueltas por minuto, mientras en su interior las paletas internas distribuyen el condimento de manera uniforme a lo largo de toda la superficie de la hojuela de plátano verde, asegurando que cada pieza quede cubierta de manera homogénea.

Hay que tener en cuenta el tiempo de sazonado, ya que, si éste es excesivo, puede llegar a afectar la textura, así como también la apariencia del producto final, mientras que, por otro lado, un tiempo insuficiente, puede repercutir directamente en el sabor del snack. Es por tal motivo, que dentro de la empresa se maneja un tiempo de sazonado de aproximadamente de 20 segundos, desde la entrada de la hojuela hasta su salida del tambor.

g. Empaque

Culminado el proceso de sazonado, el producto sube hasta la plataforma de empaque, gracias al transporte de la banda de cangilones que deposita el producto sazonado en el sistema transportador denominado FastBack, el cual se encarga de distribuir todo el producto en cada una de las pesadoras.

Las pesadoras están conformadas de platos vibradores que como su nombre lo indica, mediante un sistema de vibración, se encargan de distribuir el producto uniformemente a cada una de las tolvas de recepción. Estas tolvas cumplen la función de únicamente receptor el producto y transferirlo a las tolvas de pesaje, las cuales, mediante sensores, dependiendo del gramaje que se esté empacando, realizan múltiples combinaciones entre los pesos que existan en cada una de las tolvas y así poder dar apertura al traspaso a las tolvas de distribución, las cuales son las encargadas de receptor la combinación de los pesos de las diferentes tolvas de pesaje y poder encaminar el producto hacia las empacadoras.

Las empacadoras están conformadas primeramente por conos, cuya función es la de compactar el producto para que pueda ingresar a los formadores, los cuales dan forma al empaque. Acto seguido, se sella la bolsa mediante el sello vertical el cual lo realiza mediante calor. Finalmente, las bandas laterales jalan la bolsa hacia abajo, permitiendo que los platos de arrastre estiren la bolsa y acto seguido los platos de ordeño creen una cámara de aire dentro de la bolsa, evitando que el producto se haga pedacera dentro de la misma. Como último paso, las mordazas cortan las bolsas mediante altas temperaturas y es así como el producto terminado está listo para ser almacenado en las bodegas para su posterior distribución.

La línea de producción de snacks de plátano verde de la empresa ha mostrado una eficiencia operativa subóptima, caracterizada por un sobreconsumo en la utilización del plátano verde para cumplir con las órdenes de producción. Este consumo excesivo de materia prima ha repercutido directamente en la eficiencia del material, y a su vez ha impactado en el ámbito económico, ya que se requiere de un mayor aprovisionamiento, lo que ha generado un aumento en los costos de producción. Estos sobreconsumos pueden estar interrelacionados directamente con un mal aprovechamiento del plátano verde o con cantidades no controlables de

desperdicios. Esto, a su vez, equivale a un costo adicional relacionado con los proveedores para manejar de forma responsable los desechos fritos que salen de la planta.

2.2.2 Fase Medir

2.2.2.1 Consumo de materia prima

Para poder cuantificar el impacto negativo que generó la mala utilización de los recursos dentro de la línea de producción, se tomaron datos de los consumos tanto teóricos como reales del plátano verde, a fin de poder analizar la eficiencia que presentó dicho material en un periodo que abarca desde enero del 2022 hasta junio del presente año. De esta forma, se pudo medir la productividad que se presentó con el pasar del tiempo e identificar oportunidades para la reducción de costos y obtener mejoras en cuanto al indicador de la eficiencia, superando la meta establecida por la compañía. La fórmula de cálculo del consumo teórico y la explicación de la obtención del consumo real están detalladas en el Capítulo 1.

Tabla 8. Consumo de materia prima año 2022.

MES	CONSUMO REAL (Kg)	CONSUMO TEÓRICO (Kg)	DIFERENCIA (Kg)	PORCENTAJE DE DIFERENCIA
ENERO	74381,33	68038,43904	6342,89096	9,32%
FEBRERO	89844,5	81829,8173	8014,682697	9,79%
MARZO	130126,06	120267,6516	9858,40842	8,20%
ABRIL	101052	94790,53488	6261,465123	6,61%
MAYO	118921	109624	9297	8,48%
JUNIO	91128,413	83317,31332	7811,099678	9,38%
JULIO	108244	100569	7675	7,63%
AGOSTO	92007	85893	6114	7,12%
SEPTIEMBRE	99645,34	93982,0879	5663,25209	6,03%
OCTUBRE	92324,13	86254,7028	6069,4272	7,04%
NOVIEMBRE	102944,08	96614,5397	6329,540297	6,55%
DICIEMBRE	103729,72	97086,29686	6643,423139	6,84%

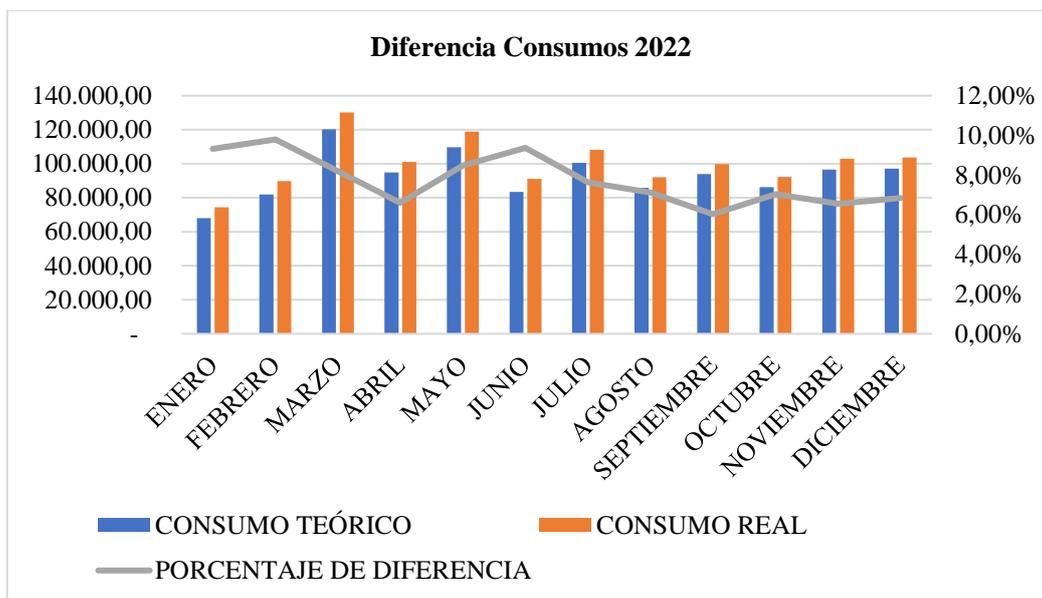


Figura 13. Diferencia de consumos del año 2022.

En la Tabla 8 se detallan los datos del consumo teórico y real de plátano verde para cada mes del año 2022, junto con el porcentaje de diferencia entre ambos. Al analizar los datos, se pudo observar que el consumo real es relativamente mayor que el consumo teórico para todos los meses del año. La diferencia porcentual entre el consumo real y teórico varía mes a mes, oscilando entre un mínimo de 6.03% en septiembre, lo que representa un exceso de consumo de 6,342.89 Kg para dicho mes y un máximo de 9.79% en febrero, lo que equivale a 8014,68 Kg. Esta tendencia constante en el que el consumo real supera al teórico indica que se está utilizando más materia prima de lo planificado en el proceso de producción, sin embargo, esto se explica en la realidad, ya que, si el consumo teórico y real fueran exactos, la eficiencia fuera del 100% de la materia prima dentro del proceso productivo, lo que es erróneo, pues significaría que no existe merma a lo largo de la línea de producción. En cuanto a la obtención de los datos de los consumos teóricos, más detalles se pueden visualizar en el Anexo 1.

Tabla 9. Consumo de materia prima año 2023.

MES	CONSUMO REAL (Kg)	CONSUMO TEÓRICO (Kg)	DIFERENCIA (Kg)	PORCENTAJE DE DIFERENCIA
ENERO	86362,5	81122,6	5239,9	6,46%
FEBRERO	96257,64	89754,4	6503,24	7,25%
MARZO	100645,5	94690,09	5955,41	6,29%
ABRIL	86919,48	81651,04	5268,44	6,45%
MAYO	108414,86	102703,29	5711,57	5,56%
JUNIO	117345,99	110324,89	7021,1	6,36%
JULIO	105507,12	100100,27	5406,85	5,40%
AGOSTO	103379,86	97717,63	5662,23	5,79%
SEPTIEMBRE	107584,48	101926,08	5658,4	5,55%
OCTUBRE	76521,32	72439,61	4081,71	5,63%
NOVIEMBRE	102665,81	98520,98	4144,83	4,21%
DICIEMBRE	123502	120125	3377	2,81%
TOTAL	1215106,6	1151075,9	64030,7	5,65%

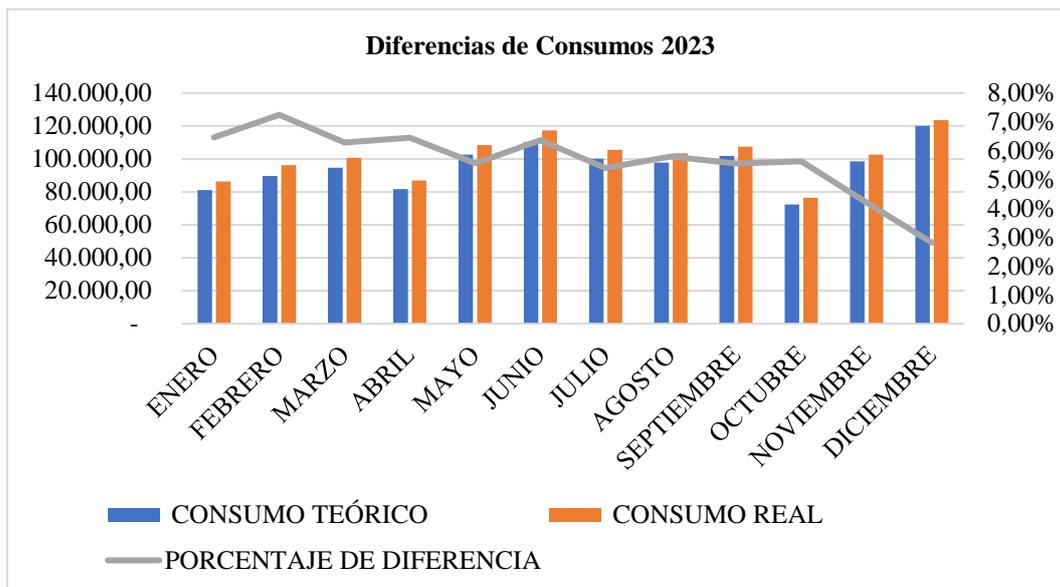


Figura 14. Diferencia de consumos del año 2023

En la Tabla 9 se muestra el consumo teórico y real de plátano verde para cada mes del año 2023, junto con el porcentaje de diferencia entre ambos. Es importante mencionar que el Anexo 2, presenta los valores de la producción de cada mes del 2023 para poder obtener los datos de los consumos teóricos correspondientes.

La Figura 14 muestra gráficamente los resultados del consumo de materia prima generado en el año mencionado. Al analizar estos datos, se pueden identificar varios puntos importantes.

En primer lugar, se observa que el consumo real sigue siendo consistentemente mayor que el consumo teórico en todos los meses del año 2023, al igual que en el 2022, lo que indica una persistencia en la subestimación del consumo de materia prima. Sin embargo, comparado con el año 2022, los porcentajes de diferencia entre consumo real y teórico han disminuido en general. Es así como, para este año, el rango va desde un valor mínimo de 2.81% para el mes diciembre que equivale 3377 Kg. hasta un máximo de 7.25% en febrero que equivale a 6503.24 Kg. lo cual es menor que el rango observado en 2022. En resumen, los datos muestran una mejora en la eficiencia del uso de plátano verde en 2023 comparado con los consumos realizados para el año 2022.

Tabla 10. Consumo de materia prima año 2024.

MES	CONSUMO REAL (Kg)	CONSUMO TEÓRICO (Kg)	DIFERENCIA (Kg)	PORCENTAJE DE DIFERENCIA
ENERO	99425,98	97312,08	2113,9	2,13%
FEBRERO	91786,5	83636,6	8149,9	8,88%
MARZO	131391,69	122884,7	8506,99	6,47%
ABRIL	94860,83	88897,88	5962,95	6,29%
MAYO	112704,99	107326,52	5378,47	4,77%
JUNIO	78284,13	74009,49	4274,64	5,46%
TOTAL	608454,1	574067,3	34386,9	5,67%

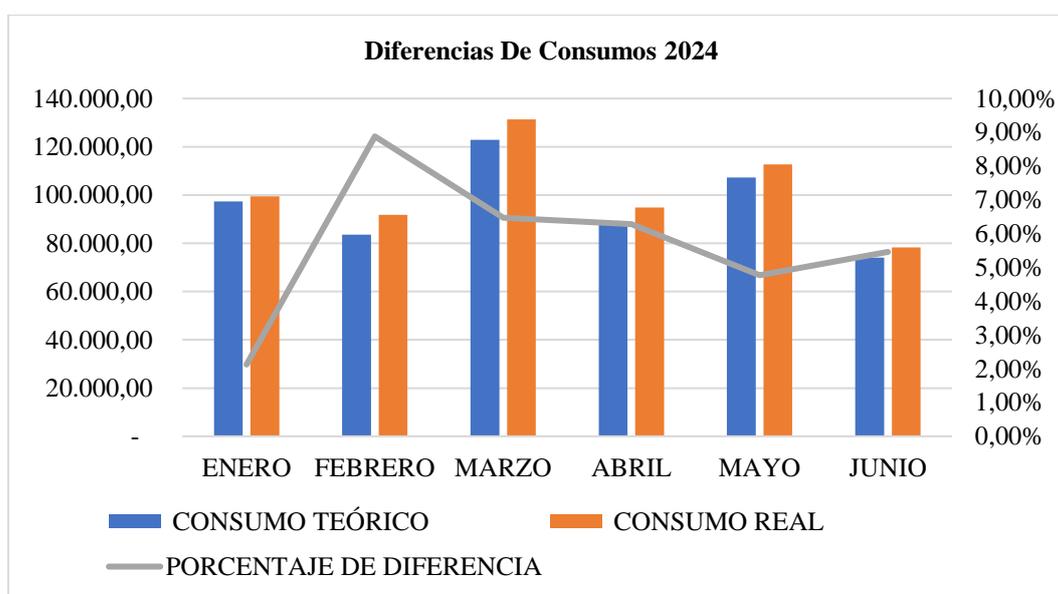


Figura 15. Diferencias de consumo de los 6 meses del año 2024.

En la Figura 15 se observa el consumo teórico y real de plátano verde para los primeros seis meses del año 2024, junto con el porcentaje de diferencia entre ambos. Cabe recalcar que el Anexo 3, presenta más detalles acerca de la obtención de los consumos teóricos contemplados para el presente estudio.

Al analizar estos datos, se pueden observar varios puntos importantes. En primer lugar, se destaca la persistencia de la tendencia observada en años anteriores, donde el consumo real sigue siendo consistentemente mayor que el consumo teórico en todos los meses registrados del año 2024. Además, se observa una variabilidad significativa en las diferencias, con porcentajes que oscilan desde un mínimo de 2.13% en enero, que representa una diferencia de 2113,9 Kg hasta un máximo de 8.88% en febrero, que es el equivalente a 8149,9 Kg.

Como conclusiones generales, se observa que a pesar de que persiste el sobreconsumo del plátano verde, se puede evidenciar mejorías constantes con el pasar de los años, es así que considerando el pico más alto de diferencia para el año 2022 fue en el mes de febrero con un porcentaje de 9,79%, representando una diferencia entre el consumo real y teórico de 8014,68 Kg. Para el año 2023 dicha diferencia disminuye a un 7,25% para el mismo mes, representando 6503,24Kg de diferencia, lo que equivale a una disminución de 1511,44 Kg de exceso de consumo de plátano verde con respecto al año pasado. Por otro lado, para el 2024, es importante mencionar que nuevamente febrero registra la diferencia entre consumos más elevada, obteniendo un porcentaje final de 8,88%, equivalente a 8149,9 Kg, siendo el registro más elevado de los tres años que se contemplaron para el presente estudio, superando inclusive al año 2022 por 135,22 Kg.

En cuanto a los porcentajes más bajos de diferencia, para el año 2022, se registra el del mes de septiembre con un porcentaje de 6,03%, equivalente a 5663,25 Kg, mientras que para el 2023, diciembre destaca por ser el mes con el porcentaje más bajo, ya que se obtuvo una diferencia porcentual de 2,81%, lo que representa un total de 3377 Kg, obteniendo una mejoría en cuanto a los consumos de 2286,25 Kg con respecto al consumo registrado para el año pasado. Finalmente, para el 2024, el mes de enero presenta un valor de 2,13% de diferencia entre consumos, siendo el valor porcentual más bajo de los tres años analizados, y lo que es igual a 2113,9 Kg, presentando mejorías con respecto al 2023 por una diferencia de 1263,1 Kg.

En general, los datos del año 2024 muestran signos de mejora en comparación con años anteriores, particularmente en enero y en la tendencia posterior a febrero. No obstante, la variabilidad mes a mes sugiere que aún hay oportunidades para optimizar aún más la eficiencia y la precisión de las estimaciones de consumo.

2.2.2.2 Eficiencia Operativa

Una vez comprendida la importancia de los consumos reales y teóricos, se procede a calcular la eficiencia por cada uno de los meses de los tres años que contempla el presente estudio.

Tabla 11. Eficiencia del año 2022.

MES	CONSUMO TEÓRICO (Kg)	CONSUMO REAL (Kg)	EFICIENCIA (%)
ENERO	68038,43904	74381,33	91,47
FEBRERO	81829,8173	89844,5	91,08
MARZO	120267,6516	130126,06	92,42
ABRIL	94790,53488	101052	93,80
MAYO	109624	118921	92,18
JUNIO	83317,31332	91128,413	91,43
JULIO	100569	108244	92,91
AGOSTO	85893	92007	93,35
SEPTIEMBRE	93982,08791	99645,34	94,32
OCTUBRE	86254,7028	92324,13	93,43
NOVIEMBRE	96614,5397	102944,08	93,85
DICIEMBRE	97086,29686	103729,72	93,60
TOTAL	1118267,4	1204347,6	92,85%

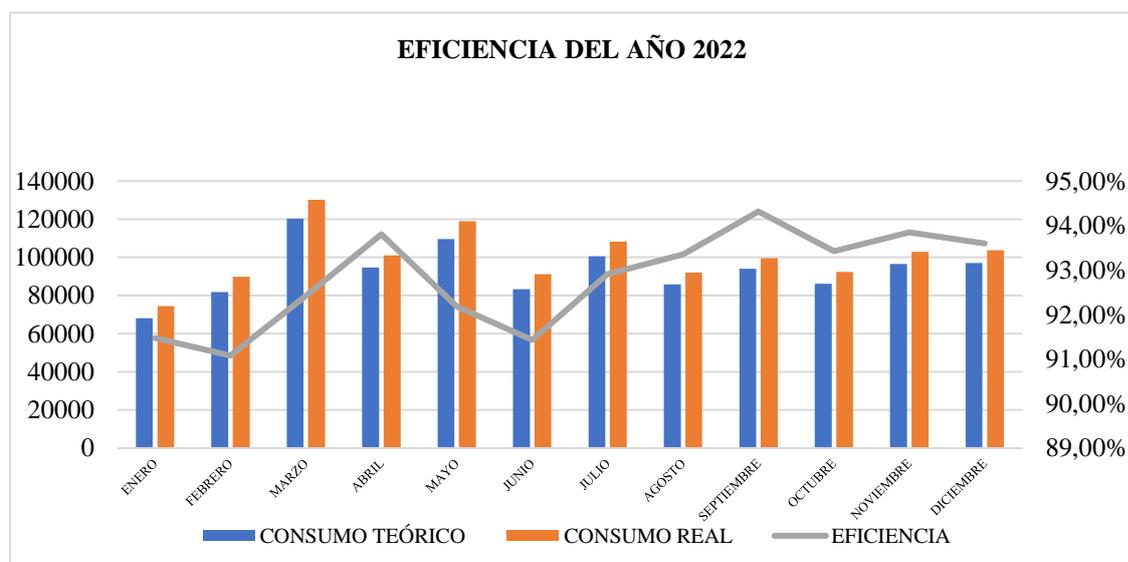


Figura 16. Visual de la eficiencia del año 2022.

La Tabla 11 muestra las eficiencias obtenidas mes tras mes a lo largo del año 2022, la cual como se detalló en el capítulo I, la eficiencia se obtiene al dividir el consumo teórico para el consumo real. Comprendida esta premisa, se puede analizar que el mes de febrero es aquel en el que la eficiencia es más baja, con un valor final de 91,08%, que hace relación expuesto anteriormente en el análisis de consumos, por lo que se puede concluir que aquí existió un sobreconsumo de plátano verde, precisamente de 8014,68 Kg. Por otro lado, el mes que logró obtener el mejor registro en cuanto eficiencia fue el mes de septiembre con una eficiencia de 94,32%, que precisamente fue el mes que evidenció menor diferencia entre consumo teóricos y reales, con un valor final de 5663,25 Kg. De esta manera se comprueba que entre menor sea la desviación entre los consumos, mayor será la eficiencia, caso totalmente opuesto al obtener una diferencia considerablemente pronunciada entre estos, generado un impacto negativo en el indicador.

Tabla 12. Eficiencia del año 2023.

MES	CONSUMO TEÓRICO (KG)	CONSUMO REAL (KG)	EFICIENCIA %
ENERO	81122,6	86362,5	93,93
FEBRERO	89754,4	96257,64	93,24
MARZO	94690,09	100645,5	94,08
ABRIL	81651,04	86919,48	93,94
MAYO	102703,29	108414,86	94,73
JUNIO	110324,89	117345,99	94,02
JULIO	100100,27	105507,12	94,88
AGOSTO	97717,63	103379,86	94,52
SEPTIEMBRE	101926,08	107584,48	94,74
OCTUBRE	72439,61	76521,32	94,67
NOVIEMBRE	98520,98	102665,81	95,96
DICIEMBRE	120125	123502	97,27
TOTAL	1151075,9	1215106,6	94,73%

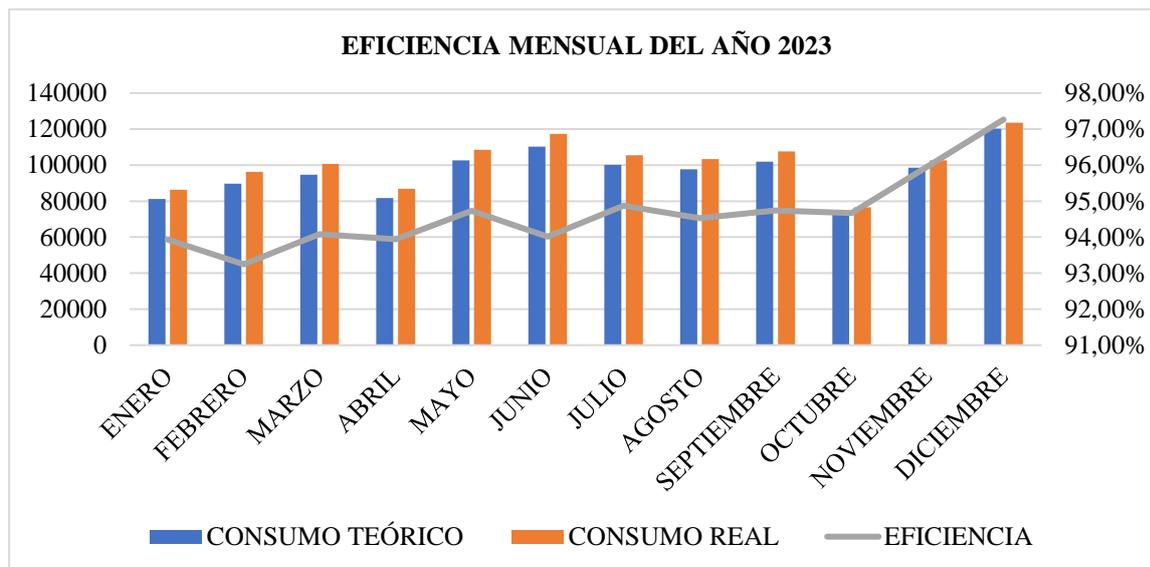


Figura 17. Visual de la eficiencia del año 2023.

El análisis de los datos de la Tabla 12 de consumo de materia prima para el año 2023 reveló que se obtuvieron mejoras en cuanto a los consumos con respecto al año 2022. Es así, que para el 2023, la eficiencia con mayor impacto negativo fue nuevamente el mes de febrero con un porcentaje final de 93,24%, lo que equivale a una mejora de 2,16 puntos porcentuales en comparación el mismo mes, pero en el 2022. En cuanto a la reducción en los consumos, se puede concluir que la mejora de 2,16% se traduce a un mejor manejo de recursos de plátano verde que equivalen a 1511,44 Kg menos que la empresa administró de mejor forma en relación con el año pasado. Por otro lado, en cuanto a las mejoras registradas para el 2023, se contempla una mejor eficiencia para el mes de diciembre con un valor de 97,27%, mejorando en un 2,95% en comparación al mes de septiembre de 2022, el que registraba la mejor eficiencia para ese año. Esta mejora porcentual de 2,95%, en cuanto a ahorros en consumos de plátano verde se traduce en una mejor optimización de 2286,25 Kg de plátano verde.

Tabla 13. Eficiencia de los primeros 6 meses del año 2024.

MES	CONSUMO TEÓRICO (Kg)	CONSUMO REAL (Kg)	EFICIENCIA %
ENERO	97312,08	99425,98	97,87
FEBRERO	83636,6	91786,5	91,12
MARZO	122884,7	131391,69	93,53
ABRIL	88897,88	94860,83	93,71
MAYO	107326,52	112704,99	95,23
JUNIO	74009,49	78284,13	94,54
TOTAL	574067,3	608454,1	94,35%

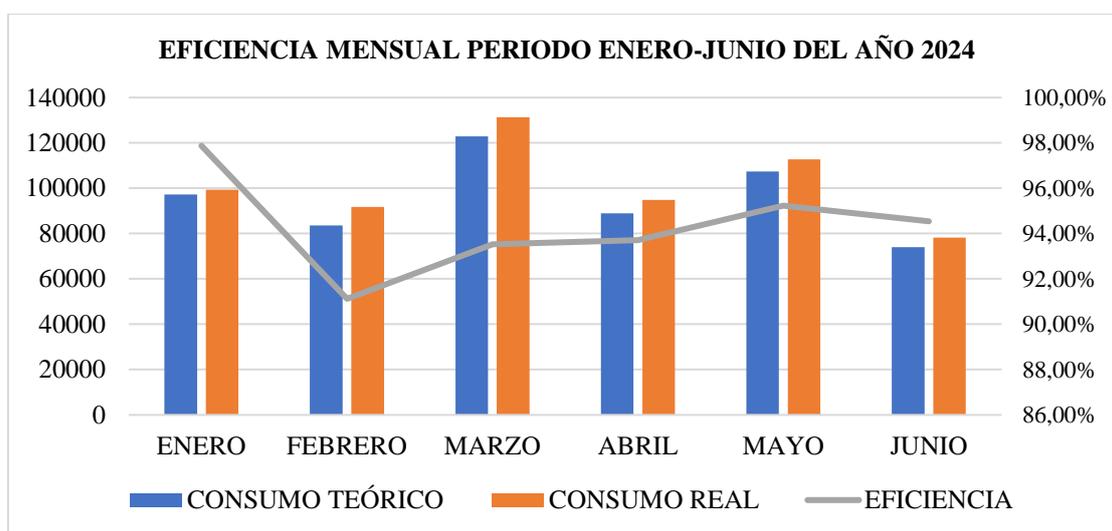


Figura 18. Visual de la eficiencia del año 2024 del periodo enero-junio.

En la Tabla 13 al igual que en el 2022 y 2023, se presentan las eficiencias de cada mes del 2024, donde se puede observar una mejoría en determinados meses del año con respecto a años pasados. Sin embargo, es necesario evidenciar una caída en cuanto a eficiencia en determinados meses.

Es así, que para el 2024, se puede visualizar que el mes más impactado fue el mes de febrero nuevamente, reportando un porcentaje final de 91,12%. Esta disminución equivale a una caída de 2,12% en comparación al año pasado, lo que se traduce a un aumento en cuanto a los consumos de plátano verde, exactamente de 1646,75 Kg con relación al 2023 para el mismo

mes. Por otro lado, el mes que presentó mejor eficiencia para el 2024, fue enero, con un valor porcentual final de 97,87%, mostrando una mejoría de 0,60% en comparación al mes de diciembre del 2023; el cual fue el mes con la mejor eficiencia para ese año. Esta mejora, simboliza una reducción en cuanto a la diferencia entre los consumos reales y teóricos, lo que es igual a una mejor optimización de 1263,1 Kg de plátano verde.

Finalmente, en la Tabla 14 se puede visualizar una tabla resumen que compila el promedio de las eficiencias obtenidas en cada uno de los meses de cada año.

Tabla 14. Resumen de los consumos de materia prima.

VARIABLES DE CONSUMO	2022 (Kg)	2023 (Kg)	2024 (Kg)
CONSUMO TEÓRICO	1118267,383	1151075,89	574067,29
CONSUMO REAL	1204347,573	1215106,56	608454,12
EFICIENCIA	92,85%	94,73%	94,35%

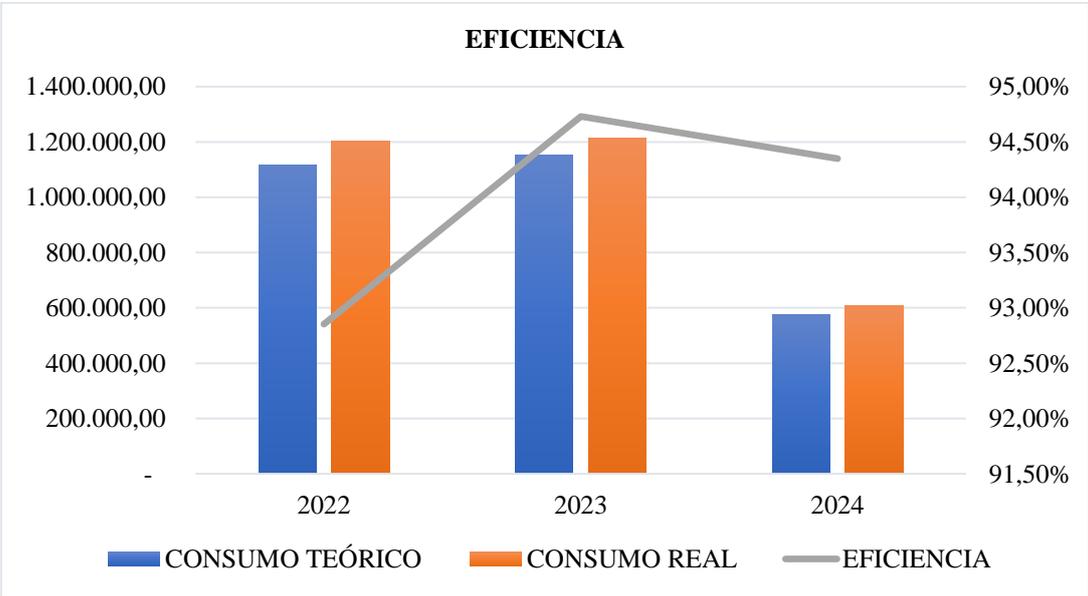


Figura 19. Eficiencia Operativa.

En la Figura 19 se proporciona una visión general del consumo teórico, consumo real y eficiencia para los años 2022, 2023 y los primeros seis meses del año 2024. A continuación, se analiza cada aspecto:

En cuanto al consumo teórico, en 2022 fue de 1,118,267.38 unidades, aumentando un 2.93% en 2023 para alcanzar 1,151,075.89 unidades. En la primera mitad de 2024, el consumo teórico es de 574,067.29 unidades, aproximadamente la mitad del consumo anual de los años anteriores.

El consumo real en el 2022 fue de 1,204,347.57 unidades, aumentando un 0.89% en el 2023 hasta 1,215,106.56 unidades. En la primera mitad de 2024, el consumo real asciende a 608,454.12 unidades, en línea con la expectativa de ser aproximadamente la mitad del consumo anual.

Respecto a la eficiencia, en el año 2022 fue del 92.85%, mejorando en 2023 a 94.73%, lo que representa un incremento de 1.88 puntos porcentuales. En los seis primeros meses del año 2024, la eficiencia se sitúa en 94.35%, una ligera disminución de 0.38 puntos porcentuales respecto a 2023, pero aun significativamente mejor que en 2022.

El análisis de estos datos revela varios puntos claves. En primer lugar, se observa una mejora significativa en el año 2023, con un aumento notable en la eficiencia de 92.85% en 2022 a 94.73% en 2023. Por otro lado, aunque los datos de 2024 son parciales, se detecta una pequeña disminución en la eficiencia a 94.35%. Sin embargo, esta cifra sigue siendo superior a la del año 2022.

Por otro lado, es significativo mencionar la mejoría que presentó el año 2023 en cuanto a la reducción de consumos de plátano para así poder impactar de forma positiva al alza de la eficiencia, ya que, al analizar sus registros, se observa que fue un año muy controlado al mantener sus eficiencias cercanas al 94% de la meta impuesta por la empresa y también al no presentar pérdidas económicas por mala utilización de los recursos. Por lo antes mencionado, es importante destacar que se investigó lo que ocurrió durante este año para saber por qué se presentó esta mejora evidente. Después de indagar acerca de este hecho con el líder de la línea de producción, se resaltó el acompañamiento que recibió el personal de la línea, además de las capacitaciones implementadas a fin de que los operadores puedan identificar con certeza toda aquella materia prima que no cumple con las especificaciones de calidad. Por otro lado, se

llevaron a cabo trabajos de mantenimiento a lo largo de toda la línea de producción, enfocados al reemplazo de piezas que cumplieron su vida útil a fin de mejorar la confiabilidad de los equipos y reducir desperdicios por daños mecánicos. Finalmente, a partir del 2023 se empezaron a usar furgones refrigerados, en comparación al 2022, año en el que todavía no existía ésta buena práctica de precautelar las condiciones óptimas de almacenamiento y transporte de la fruta.

En conclusión, los datos muestran una tendencia positiva en términos de eficiencia desde el 2022, con una mejora sustancial en el 2023 y un mantenimiento relativo de esa mejora en los seis primeros meses del año 2024, con una tendencia a la mejora con respecto al año pasado.

2.2.2.3 Productividad

Una vez detallados los consumos y las eficiencias que se obtuvieron durante cada mes dentro de los años contemplados para este estudio, es necesario determinar las retribuciones económicas que obtuvo la empresa por el buen o mal manejo del plátano verde. Para esto, se implementó la fórmula detallada dentro del capítulo uno. Es importante recalcar que la productividad se mide en comparación al año pasado, por lo cual para el 2022, se detallan las eficiencias obtenidas dentro del 2021.

Tabla 15. Cuadro resumen de la productividad año 2022.

MES	EFICIENCIA 2021 (%)	EFICIENCIA 2022 (%)	CONSUMO REAL (Kg)	COSTO (USD)	PRODUCTIVIDAD (USD)
ENERO	91,75	91,47	74381,33	0,87	-195,74
FEBRERO	91,57	91,08	89844,50	0,66	-317,70
MARZO	91,36	92,42	130126,06	0,66	1.000,17
ABRIL	90,89	93,80	101052,00	0,66	2.138,06
MAYO	91,46	92,18	118921,00	0,66	619,77
JUNIO	90,33	91,43	91128,41	0,66	731,40
JULIO	92,45	92,91	108244,00	0,66	355,11
AGOSTO	92,31	93,35	92.007,00	0,89	926,87
SEPTIEMBRE	93,76	94,32	99.645,34	0,66	390,41

OCTUBRE	92,47	93,43	92.324,13	0,66	629,94
NOVIEMBRE	89,25	93,85	102.944,08	0,66	3.502,95
DICIEMBRE	89,44	93,60	103.729,72	0,66	3.180,78

En la Tabla 15, se presentan los datos necesarios para poder determinar la productividad que se registraron para cada mes dentro del 2022. Es así como, se puede determinar que el mes que presentó pérdidas económicas se sitúa en febrero, con un valor en contra de -\$317,70; esto generado debido a que, para el mes de febrero del 2021, la eficiencia del plátano verde fue de 91,57%, siendo 0,49% mejor que la reportada para el mismo mes en el 2022. Por otro lado, se ve un crecimiento exponencial para el mes de noviembre, donde se obtuvieron compensaciones económicas en noviembre por un valor de \$3.509,95, debido al aumento en la eficiencia del plátano verde hasta un porcentaje final de 93,85%, siendo 4,6% superior al valor reportado para el mismo mes, pero en el 2021.

En cuanto a los consumos, se observa que el mes que presentó el consumo más elevado de materia prima, se registró en el mes de marzo, con una cantidad de 130.126,06 Kg, mientras que el consumo más bajo se contempla dentro de enero con un total de 74.381,33 Kg, existiendo una diferencia entre el pico más alto y bajo de 55.744,73 Kg.

En cuanto a los costos por kilo, se visualiza que, para diez de los doce meses del año, el precio se mantuvo en los \$0.66 ctvs., teniendo un alza para el mes de agosto, alcanzado los \$0.89 ctvs., lo que equivale a un aumento de \$0.23 ctvs. al costo por kilo de plátano verde.

Hay que tomar en cuenta que, aunque hay una tendencia de mejora del año 2021 al año 2022, las eficiencias siguen siendo preocupantemente bajas en relación con la meta de la empresa. Se requiere un enfoque sistemático para abordar las ineficiencias y mejorar la consistencia en el rendimiento mes a mes.

Tabla 16. Cuadro resumen de la productividad año 2023.

MES	EFICIENCIA 2022 (%)	EFICIENCIA 2023 (%)	CONSUMO REAL (Kg)	COSTO (USD)	PRODUCTIVIDAD (USD)
ENERO	91,47	93,93	86362,50	0,69	1.592,73
FEBRERO	91,08	93,24	96257,64	0,69	1.566,55
MARZO	92,42	94,08	100645,50	0,69	1.240,38
ABRIL	93,80	93,94	86919,48	0,69	88,04
MAYO	92,18	94,73	108414,86	0,69	2.055,80
JUNIO	92,19	94,02	117345,99	0,69	1.592,77
JULIO	92,91	94,88	105507,12	0,90	2.008,67
AGOSTO	93,35	94,52	103.379,86	0,90	1.169,02
SEPTIEMBRE	94,32	94,74	107.584,48	0,90	431,68
OCTUBRE	93,43	94,67	76.521,32	0,90	911,02
NOVIEMBRE	93,85	95,96	102.665,81	0,90	2.080,14
DICIEMBRE	93,60	97,27	123.502,00	0,90	4.353,01

La Tabla 16 muestra una comparativa de eficiencia y productividad de la empresa objeto de estudio a lo largo de los meses de 2022 y 2023. En primera instancia, se aprecia que, a diferencia del 2022, para el 2023 no se registran pérdidas económicas, sin embargo, abril es aquel mes en el que se detalla una productividad más baja con un monto total de \$88,04, lo cual se genera a que en abril de 2022 se alcanzó una eficiencia de 93,80%, mientras que en el 2023 se obtuvo un valor de 93,94%, obteniendo una ligera mejora de 0,14% con respecto al año pasado. En cuanto al mes con mayores ganancias económicas, destaca el mes de diciembre por un monto de \$4.353,01, dado a que para el 2023, este mes presentó una eficiencia de 93,60%, siendo

superada con creces en el mismo mes dentro del 2024, donde se registró un porcentaje final de 97,27%, con lo que se observa una mejora de 3,67 puntos porcentuales.

Por otro lado, en cuanto al pico más elevado de consumo de plátano verde, se registra en el mes de diciembre con una cantidad consumida de plátano verde con un total de 123.502,00 Kg, a diferencia de octubre, mes en el que se obtuvo una disminución en el consumo con un valor final de 76.521,32 Kg, con lo que se observa una diferencia entre consumos de 49.980,68 Kg.

Por otro lado, el costo por kilo se mantuvo constante en \$0.69 ctvs. durante la primera mitad del año, incrementándose a \$0.90 ctvs. desde julio y manteniéndose hasta diciembre, con lo que se obtiene una diferencia de \$0.21 ctvs. para el 2023, en cuanto a los costos de adquisición de la materia prima.

Tabla 17. Cuadro resumen de la productividad año 2024 (Enero-Junio).

MES	EFICIENCIA 2023 (%)	EFICIENCIA 2024 (%)	CONSUMO REAL (Kg)	COSTO (USD)	PRODUCTIVIDAD (USD)
ENERO	93,93	97,87	99425,98	0,70	2.900,47
FEBRERO	93,24	91,12	91786,50	0,77	-1.615,64
MARZO	94,08	93,53	131391,69	0,77	-598,64
ABRIL	93,94	93,71	94860,83	0,83	-187,83
MAYO	94,73	95,23	112704,99	0,84	494,97
JUNIO	94,02	94,54	78284,13	0,91	396,84

La Tabla 17 hace referencia a una comparativa de eficiencia y productividad en la empresa durante los primeros seis meses de 2023 y 2024. En febrero de 2024, se visualiza una pérdida económica de -\$1.615,64 Kg para la compañía, esto impactado principalmente a la disminución de la eficiencia que existió en este año, con un valor final de 91,12%, mientras que para el 2023, se obtuvo un porcentaje de 93,24%, con lo cual se concluye que, para el este mes, se fue ineficiente en cuanto al manejo de consumos de plátano verde en 2,12 puntos porcentuales en comparación al mismo mes del año pasado. Por otro lado, en el mes de enero se evidencia una

retribución económica por un monto de \$2.900,47, generado por el aumento que existió en la eficiencia para el 2024 con un valor final de 97,87%, superando en 3,94% al año pasado para el mismo mes, el cuál reportó una eficiencia de 93,93%.

Por otro lado, en lo que ha consumos se refiere, se analiza que el mes de marzo reporta el mayor consumo de plátano verde por una cantidad de 131.391,69 Kg de plátano verde, mientras que por su contra parte, el mes de junio, fue donde se obtuvo una reducción en los consumos por un total de 78.284,13 Kg, con lo que se observa una diferencia entre el pico más alto y bajo de exactamente 53.107,56 Kg de plátano verde.

En lo que a costo por kilo se refiere, para el 2024, se observa que existió una mayor variabilidad de los precios en comparación a los anteriores años, siendo el mes de enero, aquel que registra el montón más bajo con un total de \$0.70 ctvs. el kilo. Mientras que, por otro lado, junio despunta en cuanto a costos con un valor final de \$0.91 ctvs. el kilo de plátano verde, obteniendo una diferencia entre el más alto y el más bajo por un valor de \$0.21 ctvs. para este año.

En resumen, el análisis mostró que los picos más altos de productividad se alcanzaron en enero de 2024 con \$2.900,47, mientras que el pico más bajo fue en febrero de 2024 con -\$1,615.64.

Como conclusión general, se determina que, al realizar una comparación entre los años, se destacó que 2023 fue el año con los mayores consumos teórico y real, así como la mayor eficiencia. En cambios en los primeros seis meses del 2024 se mostró la caída más pronunciada tanto en consumos como en eficiencia. Este análisis resalto la estabilidad relativa en 2022, el notable incremento en 2023 y la significativa reducción en 2024, lo cual sugirió la necesidad de investigar las causas detrás de estas variaciones

Tabla 18. Cuadro comparativo de la productividad.

MES	2022	2023	2024
ENERO	\$ -195,74	\$ 1.592,73	\$ 2.900,47
FEBRERO	\$ -317,70	\$ 1.566,55	\$ -1.615,64
MARZO	\$ 1.000,17	\$ 1.240,38	\$ -598,64
ABRIL	\$ 2.138,06	\$ 88,04	\$ -187,83
MAYO	\$ 619,77	\$ 2.055,80	\$ 494,97
JUNIO	\$ 731,40	\$ 1.592,77	\$ 396,84
JULIO	\$ 355,11	\$ 2.008,67	-
AGOSTO	\$ 926,87	\$ 1.169,02	-
SEPTIEMBRE	\$ 390,41	\$ 431,68	-
OCTUBRE	\$ 629,94	\$ 911,02	-
NOVIEMBRE	\$ 3.502,95	\$ 2.080,14	-
DICIEMBRE	\$ 3.180,78	\$ 4.353,01	-

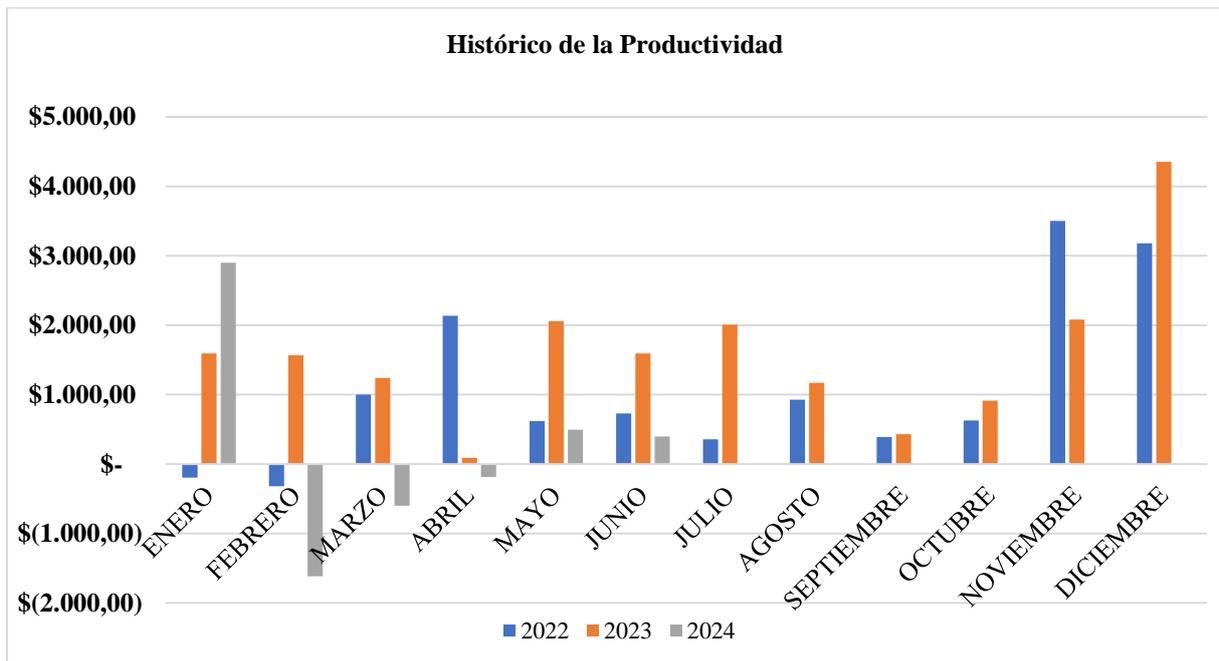


Figura 20. Resumen Histórico de Productividad.

La Tabla 18 proporciona una visión comparativa de la productividad mensual para los años 2022, 2023 y los primeros seis meses de 2024, permitiendo analizar las tendencias y patrones claves.

En el año 2022, se comenzó con pérdidas en los dos primeros meses, pero luego se mostró una productividad positiva, con picos significativos sobre todo para el mes de noviembre por un monto de \$3.502,95. En el 2023, hubo una mejora sustancial, con productividad positiva en todos los meses y valores generalmente más altos en comparación a los reportados en el 2022; siendo el mes de diciembre el que reportó mayores ganancias económicas por un valor de \$4.353,01; \$850,06 más que las ganancias reportadas por el mejor mes del 2022. Por otro lado, en el 2024 presenta mucha volatilidad en cuanto a sus registros, mostrando pérdidas económicas, pero destacando el mes de enero, el cual presentó una retribución monetaria por un valor de \$2.900,47, situado aún \$1.452,54 por debajo del mejor registro de compensación económica para la compañía, el cual fue en diciembre del 2023.

En cuanto a los periodos de pérdida por cada año se refiere, el año 2022 presenta una pérdida por \$317,70 durante el mes de febrero, mientras que el 2023 el mes de abril es aquel que destaca por ser el que menos ganancias registra, con un monto de \$88,04, valor que si bien es cierto, mejora la marca contemplada en el 2022, es importante mencionar que estos datos aún se encuentra alejados del peor registro en cuanto a productividad del plátano verde se refiere, el cual se evidencia en el mes de febrero de 2024, por una pérdida de \$1.615,64, lo que hace alusión a un uso indiscriminado de la materia prima lo que impactó a este indicador.

Analizando los patrones mensuales, en enero se observa una mejora constante año tras año, pasando de pérdidas en el 2022, a ganancias sustanciales en el 2024. Sin embargo, febrero presenta una tendencia preocupante, pasando de pérdidas en el 2022, a ganancias en el 2023, pero volviendo a pérdidas significativas en el 2024. Entre marzo y junio, estos meses muestran una volatilidad considerable entre los años, sin un patrón claro de mejora o deterioro.

Durante el año 2023, se muestra la mayor consistencia, con productividad positiva en todos los meses. En cambio, 2022 y 2024, muestran mayor volatilidad, con periodos de ganancias y pérdidas.

En conclusión, mientras que el año 2023, mostró una mejora significativa y consistente sobre el 2022, los primeros meses del 2024, presentan desafíos importantes. Es necesario tener en consideración la volatilidad observada en el 2024 y trabajar para recuperar y mantener los niveles de productividad positivos observados en el 2023.

Identificación de pérdidas económicas relacionadas a los costos por kilo de plátano verde

Una vez comprendida la importancia de salvaguardar y administrar correctamente los recursos dentro de la línea de producción, es importante considerar las pérdidas generadas al adquirir más plátano verde del que fue contemplado para poder cumplir con las órdenes de producción.

Tabla 19. Cuadro resumen de costos de materia prima cruda.

AÑO	SOBRE CONSUMO (CRUDO) (Kg)	CONSUMO REAL (Kg)	SOBRE COSUMO (Kg)	COSTO POR KILO (USD)	PÉRDIDAS ECONÓMICAS (USD)
2022	1118267,383	1204347,573	86080,1896	0,70	60.256,13
2023	1151075,89	1215106,56	64030,67	0,79	50.584,23
2024	574067,29	608454,12	34386,83	0,80	27.509,46

La Tabla 19 se centra en las pérdidas económicas debido al sobreconsumo de plátano verde para los años 2022, 2023 y parte del 2024. A continuación, se desglosan los puntos claves.

Como primer punto, en cuanto al consumo teórico vs. real, se observa que en todos los años el consumo real supera al teórico, lo que indica un uso ineficiente de la materia prima. En el 2022, la diferencia fue de 86.080,19 Kg, mientras que para el 2023 fue de 64.030,67 Kg; obteniendo una diferencia entre estos años de 22.049,52 Kg. Finalmente, en el 2024 (parcial), la diferencia que se contempla fue de 34.386,83 Kg que, al seguir bajo la misma tendencia, el sobreconsumo de plátano verde para el 2024, podría llegar a superar a la reportada en el 2023.

En relación con la tendencia de mejora en el sobreconsumo, se evidencia una disminución año tras año, lo que sugiere progreso en la eficiencia del proceso. La reducción es más pronunciada entre 2022 y 2023, con una mejora del 25.6%, que entre 2023 y 2024 (parcial).

Asimismo, se ha observado un aumento en el costo por kilo. En el año 2022, el costo fue de \$0.70 ctvs. por kilo, mientras que en el 2023 aumentó a \$0.79 por kilo (un incremento del 12.9%). En 2024, el costo subió ligeramente a \$0.80 por kilo (un aumento adicional del 1.3%).

En términos de pérdidas económicas, a pesar del aumento en el costo por kilo, las pérdidas han disminuido debido a la reducción en el sobreconsumo. En el 2022, las pérdidas fueron de \$60.256,13, mientras que para el 2023, se redujeron a \$50,584.23, contemplando una reducción de \$9.671,9 (una reducción del 16.1%). Por otro lado, en la primera mitad del 2024, las pérdidas son de \$27.509,46; lo que sugiere que, si la tendencia se mantiene, las pérdidas serán significativamente mayores a las reportadas en el 2023.

En resumen, aunque se observa una tendencia positiva en la reducción del sobreconsumo y las pérdidas económicas asociadas, aún existe un margen para mejoras adicionales. La tendencia observada en el 2024 es preocupante, y se deben hacer esfuerzos para reducir el sobreconsumo a fin de evitar incurrir en gastos innecesarios asociados a la adquisición de más plátano verde del planificado.

Por otro lado, es importante mencionar que tal como se puede visualizar en el Anexo (tabla donde está la producción, el factor de conversión y el consumo teórico) para poder cumplir con la producción, es necesario usar el doble de materia prima cruda, sin embargo, para cuantificar el porcentaje aproximado del desperdicio que equivale a materia prima frita, es necesario aplicar un factor de conversión, el cual es del 0,45. Es importante aclarar, que tanto este factor como el utilizado dentro del cálculo del consumo teórico, son parámetros y valores ya estipulados por la empresa, a fin de poder tratar de estandarizar el cálculo a nivel regional. Por tal motivo, la fórmula para obtener el desperdicio frito en kilos es necesario aplicar la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Desperdicio frito.

$$\text{Desperdicio frito} = \text{Cantidad de materia prima cruda} * 0,45$$

Sin embargo, es importante detallar que este cálculo es un aproximado y es utilizado netamente en aquellas operaciones en las cuales no se realice un procedimiento de pesaje de la merma frita que se genera dentro de la línea. Motivo por el cual, la implementación de un sistema de control de desperdicio es un enfoque de propuesta que se detallará en el siguiente capítulo.

Tabla 20. Resumen de los costos ocasionados por desperdicios de materia cruda y frita.

AÑO	SOBRE COSUMO (CRUDO) (Kg)	DESPERDICIO FRITO (Kg)	COSTO POR Kg (USD)	PAGOS POR DESECHOS (USD)
2022	86080,1896	38736,08532	0,04	1.549,44
2023	64030,67	28813,8015	0,04	1.152,55
2024	34386,83	15474,0735	0,04	618,96

En la Tabla 20 se puede visualizar los costos asociados con la gestión de desechos fritos derivados del sobreconsumo de materia prima para los años 2022, 2023 y parte del 2024. A continuación, se desglosan los puntos claves.

Primero, en cuanto a la relación entre el sobreconsumo crudo y el desperdicio frito, se observa que aproximadamente el 45% del sobreconsumo crudo se convierte en desperdicio frito en todos los años. Para el 2022, se observa que de 86.080,19 Kg de plátano verde crudo extra que llegan a la planta, aproximadamente se obtienen 38.736,09 Kg de desperdicio frito, por lo cual es necesario pagar a un gestor de desechos el cual se hará responsable del correcto manejo de estos desperdicios. Considerando la premisa previamente expuesta, para que el gestor retire los 86.080,19 Kg de desperdicio frito, y tomando un costo por kilo de \$0.04 ctvs., la empresa desembolsó un total de \$1.549,44 para el 2022. Mientras que para el 2023, considerando un desperdicio de 28.813,80 Kg a un mismo costo, se canceló un valor total al gestor de \$1.152,55; lo que representa una diferencia de \$396.89. Finalmente, hasta la primera mitad del 2024, la empresa ya registra montos asociados al manejo de desperdicios fritos de 15.474,07 Kg, por un monto de \$618,96.

Además, se destaca una tendencia de reducción en el desperdicio, evidenciada por una disminución significativa en la cantidad de desperdicio frito año tras año, en línea con la reducción del sobreconsumo crudo. En el año 2022 al 2023, hubo una reducción del 25.6%, mientras que para el 2024, se considera que los costos por desperdicios fritos podrían llegar a ser ligeramente superiores a los montos establecidos en el 2024.

En conclusión, la tendencia de reducción en el desperdicio frito y los costos asociados es muy positiva. No obstante, aún hay oportunidades para optimizar aún más el proceso y potencialmente reducir costos adicionales. El enfoque debe estar en mantener esta tendencia de mejora, explorando nuevas formas de minimizar el desperdicio y gestionar más eficientemente los residuos inevitables.

2.2.3 Fase Analizar

Una vez analizado de forma cuantitativa el problema abordado a lo largo del presente trabajo y continuando con el ciclo de DMAIC, la siguiente fase es la de Analizar, donde mediante una espina de pescado, o también denominada como Diagrama de Ishikawa de las 6M, se estableció las principales causas que contribuyen al excesivo consumo de plátano verde dentro de la línea de producción, impactando de esta manera a la eficiencia de la materia prima y como consecuencia la disminución de la productividad que se registra año tras año.

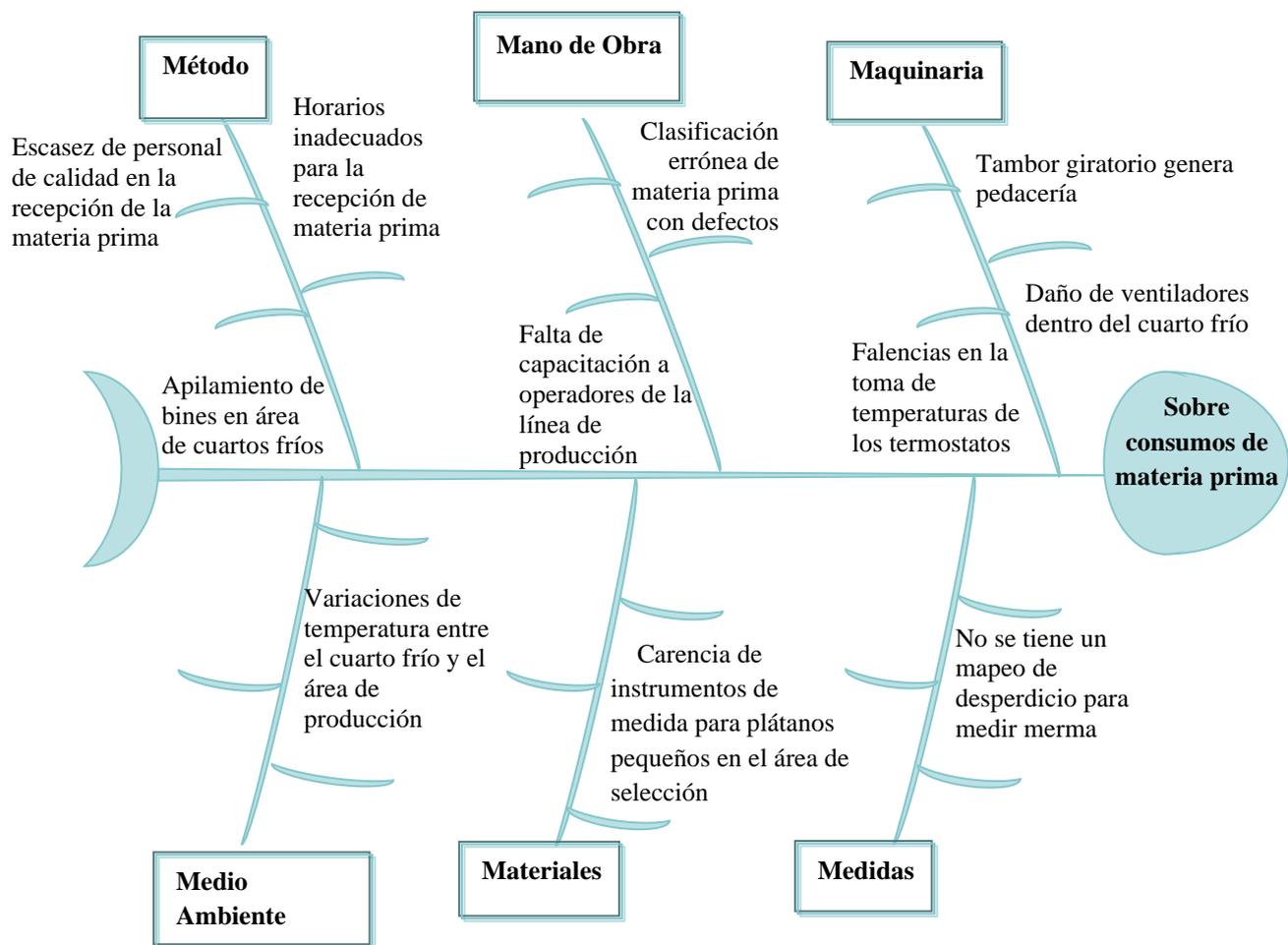


Figura 21.Diagrama de Ishikawa sobre los consumos de materia prima.

En la Figura 21 se puede observar las causas más esenciales referente al sobreconsumo de materia prima, las mismas que se detallan a continuación:

- **Método**

Horarios inadecuados para la recepción de materia prima: La mala coordinación de horarios de recepción causa retrasos y acumulación de materia prima, lo que afecta la calidad y aumenta el desperdicio.

Escasez de personal de calidad en la recepción de la materia prima: Esto indica que la falta de personal capacitado al recibir la materia prima podría llevar a errores en la clasificación y manejo de los materiales entrantes.

Apilamiento de bins en área de cuartos fríos: El montacarguista responsable de mover los bins de materia prima los acumula en el área de producción, lo que provoca que estos comiencen a perder sus condiciones óptimas para la producción.

- **Mano de Obra**

Clasificación errónea de materia prima con defectos: Los trabajadores no clasifican correctamente el plátano defectuoso, lo que puede resultar en un uso ineficiente de la materia prima y aumentar los desperdicios.

Falta de capacitación a operadores de la línea de producción: La falta de formación adecuada puede llevar a errores en el manejo y procesamiento del plátano, afectando la eficiencia y el rendimiento.

- **Maquinaria**

Tambor giratorio genera pedacería: Equipo ubicado a la salida del freidor, genera pedacería de producto frito, lo que aumenta la cantidad de desperdicio.

Daño de ventiladores dentro del cuarto frío: Ventiladores dañados afectaron a el almacenamiento adecuado del plátano, alterando su calidad.

Falencias en la toma de temperaturas de los termostatos: Problemas con la medición de la temperatura resultaron en condiciones inapropiadas de almacenamiento, afectando la materia prima.

- **Medio Ambiente**

Variaciones de temperatura entre el cuarto frío y el área de producción: Cambios bruscos de temperatura pueden afectar negativamente la materia prima, ya que los bins de materia prima al momento de ser transferidos al piso de producción pueden llegar a tener un alto tiempo de espera en el cual la temperatura puede llegar hasta los 25°C.

- **Materiales**

Fallas en el diseño de los bins de almacenamiento de plátano: El diseño de los bins de plátano no presentan una estructura adecuada que permita la circulación del aire frío a través de las bolsas de plátano verde que se encuentran en su interior.

Carencia de instrumentos de medida para plátanos pequeños en el área de selección: La ausencia de herramientas adecuadas puede dificultar la correcta clasificación y procesamiento de los plátanos.

- **Medidas**

No se tiene un mapeo de desperdicio para medir merma: Sin un seguimiento adecuado de los desperdicios, es difícil identificar y corregir las áreas problemáticas.

Una vez presentado y analizado el Ishikawa (6M) relacionado a las posibles causas que pueden impactar de forma negativa a la eficiencia del plátano verde, hay que analizar cada una de ellas para entender los efectos que éstas generan en el proceso productivo y así realizar una propuesta mediante el uso de una herramienta de mejora continua que permita disminuir dicho impacto.

Tabla 21. Efectos negativos detectados en la recepción de materia prima.

Área	Causas	Efectos
Recepción materia prima	Escasez de personal de calidad en la recepción de la materia prima	Materia prima fuera de especificaciones
	Horarios inadecuados para la recepción de materia prima	Retrasos en los tiempos de recepción de la materia prima al área de cuartos fríos

Uno de los principales puntos de mejora que se visualizó en este apartado es la hora de llegada de la materia prima a la planta de producción y la forma de despacho de la fruta. El proceso comienza aproximadamente a la media noche, hora en la que los camiones llegan a la empresa y se empieza con el proceso de despacho y liberación de la materia prima, donde el equipo de recepción de materias primas agrícolas del departamento de calidad se encarga de realizar dicho proceso. Para esto, una persona es la responsable de llevar a cabo todo el procedimiento

establecido, el cual puede tomar entre 30 a 40 minutos, tiempo en el que la fruta no se encuentra en bajo condiciones adecuadas para preservar sus propiedades físicas y químicas intactas.

Tabla 22. Efectos negativos detectados en el almacenamiento dentro del cuarto frío.

Área	Causas	Efectos
Almacenamiento cuarto frío	Falencias en la toma de temperaturas de los termostatos	Regulación ineficaz de la temperatura
	Daño de ventiladores dentro del cuarto frío	No se alcanza la temperatura ideal para poder preservar las condiciones óptimas del plátano verde en el almacenamiento
	Apilamiento de bines en el área de cuarto frío	Se genera la ruptura de la materia prima, generando pedacería

El almacenamiento en el cuarto frío se lleva a cabo una vez la materia prima es liberada y aprobada por el departamento de calidad. Dentro de esta etapa del proceso es donde se han encontrado la mayor cantidad de posibilidades de mejoría, comenzando por los termostatos ubicados en el interior del cuarto, como afuera del mismo, ya que éstos difieren de forma considerable en las mediciones que realizan cada uno de ellos, existiendo una diferencia que puede llegar a ser hasta de 2°C entre ellos, lo que puede mostrar una medida incorrecta y así provocar que la fruta no se encuentre en condiciones óptimas durante su almacenaje.

Tabla 23. Termostatos en área del cuarto frío.

<p>Termostato afuera del cuarto frío</p>	
<p>Termostato en el interior del cuarto frío</p>	

En la Tabla 23 se puede visualizar que el termostato que se encuentra a la salida del cuarto frío presenta una temperatura de 14.3°C, mientras que el equipo que se encuentra en el interior de la bodega, presenta una temperatura de 13.5°C, esto no simplemente simboliza que existe una falencia en la medida de la temperatura por parte de los equipos, sino que dentro del espacio de almacenamiento, no se está alcanzando la temperatura óptima para preservar de la mejor forma las condiciones físicas y químicas del plátano verde, que es entre 9°C y 12°C.

Otro hallazgo encontrado en esta fase del proceso recae que dentro del cuarto frío se encontraron dos ventiladores que estaban fuera de funcionamiento, dificultando el mantener temperaturas controladas y estables durante el transcurso del tiempo, que a su vez también puede llegar a influir en las falsas mediciones presentadas por los termostatos. Por lo cual, hay que notificar de esta inoperatividad de los ventiladores al equipo de mantenimiento y de bodegas de materia prima para que puedan realizar la sustitución de estos.

Por otra parte, una de las principales afectaciones que se encontró dentro del cuarto de almacenamiento es la distribución de los bins y el material que se utiliza de los mismos para

salvaguardar al plátano. Para empezar, se determinó que colocar más de cuatro filas de bolsas de contención de plátano verde dentro de cada bin, puede repercutir en la generación de pedacería del plátano en las bolsas que se encuentran en la parte más baja, ya que estos soportan todo el peso de los bloques que se hallan encima de ésta, además de que los bines se apilan en forma vertical, aumentando las cargas que soportan las bolsas ubicadas en la parte inferior, tal como se presenta en la Figura 22.



Figura 22. Apilamiento de bines en cuarto frío.

El apilamiento de los bines al ser vertical, genera una sobrecarga sobre la materia prima ubicada en la base, factor que se pudo visualizar con claridad al momento del traspaso de los bines al piso de producción, para posteriormente alimentar a la banda de cangilones y observar que todo el plátano que se encontraba en la base se hallaba partido; esto se presenta en la Figura 23:



Figura 23. Pedacería plátano verde.

Tabla 24. Efectos negativos detectados en el área de selección del plátano verde.

Área	Causas	Efectos
Selección plátano verde	Variaciones de temperaturas entre el cuarto frío y el área de producción	Mediciones erróneas y temperaturas no óptimas para la materia prima
	Carencia de instrumentos de medida para plátanos pequeños en el área de selección	Desperdicio innecesario de materia prima
	Clasificación errónea de materia frita con defectos	Incremento en los desperdicios y retrabajos, lo cual consume tiempo y recursos adicionales.
	Falta de capacitación a operadores de la línea de producción	Impacto en los consumos de materia prima y disminución de la eficiencia

Manteniendo una secuencia dentro del proceso, una de las principales afectaciones detectadas dentro del área de selección de plátano, es el hecho de que no existe una correcta coordinación al momento de los despachos de los bins de plátano verde desde el cuarto frío hacia el piso de producción, ya que se traspasan entre cinco a seis bins por ciclo. Este dato es relevante considerando que un bin se consume en promedio en una hora, lo que significa que el resto de los bins cargados de materia prima, están sometidos a calor y a temperaturas superiores a las recomendadas; es decir, se mantuvo al plátano verde fuera de condiciones óptimas para su almacenaje. Esto impacta directamente a la pronta maduración de la fruta, ya que ésta suda dentro de las bolsas, generando un riesgo a obtener un mayor porcentaje de desperdicio por maduración al momento de la selección de la fruta antes de iniciar con el proceso productivo.

Por otro lado, se determinó que se está desperdiciando materia prima que pudo haber sido utilizada dentro de la línea de producción, esto debido a fallas en la detección de no conformidades en la fruta por parte de los operadores. Esta afectación está muy enlazada a la falta de capacitación con la que cuenta el personal operativo, por lo que es crucial atacar esta causa raíz a fin de reducir el desperdicio de materia prima en buen estado dentro de esta parte del proceso. Sin embargo, es crucial mencionar que el mayor desperdicio que se contempló fue por plátano verde inferior a 10cm de largo, aunque es relevante aclarar que en el área de selección no se cuenta con un equipo diseñado específicamente para medir con sencillez y facilidad la longitud del plátano antes de ser colocado en las bandas hacia el rebanador.

Tabla 25. Efectos negativos detectados en la línea de producción.

Área	Causa	Efectos
Línea de Producción	No se tiene un mapeo de desperdicio para medir merma	No se detectan con certeza los puntos que generan más merma dentro del proceso
		Sobreconsumos de materia prima.
		Reducción de eficiencia de materia prima
		Aumento de costos de producción
	Tambor giratorio genera pedacería	Generación de pedacería

Dentro del proceso de producción como tal, la principal afectación que se encontró fue la ausencia de un sistema de control de desperdicios, ya que, hasta la fecha de la elaboración del presente estudio, la empresa aún no tenía identificados los puntos críticos de generación de merma, y por lo tanto no se podía establecer planes de acción para cada uno de ellos. Esta falta de control genera más consumos de la fruta y por lo tanto se impacta directamente a la eficiencia de la materia prima, aumentando así los costos de producción.

Para finalizar, se tuvo un hallazgo puntual dentro de la línea de producción, el cual es el uso de un tambor a la salida de freidor, que actualmente funciona como camino de paso del producto

hacia las bandas que conectan con el sistema de sazonado. La inclusión de este tambor se dio porque, en su momento, la compañía se dedicaba a la elaboración de snacks de plátano maduro, y éste tenía la particularidad que por sus condiciones químicas tendía a pegarse en las bandas. Por lo cual, la inclusión de un tambor giratorio surgió como una alternativa para erradicar la adherencia de la materia prima a las bandas. Sin embargo, dicho producto, actualmente ya no se comercializa, por lo que la funcionalidad del tambor dentro de la línea de producción es nula, e inclusive, representa uno de los principales focos de cambio dentro de la línea, ya que este equipo genera pedacería por parte del producto frito, aumentando de esta manera la cantidad de merma que podría ser reducida. A continuación, en la Figura 26, se puede visualizar lo previamente detallado:

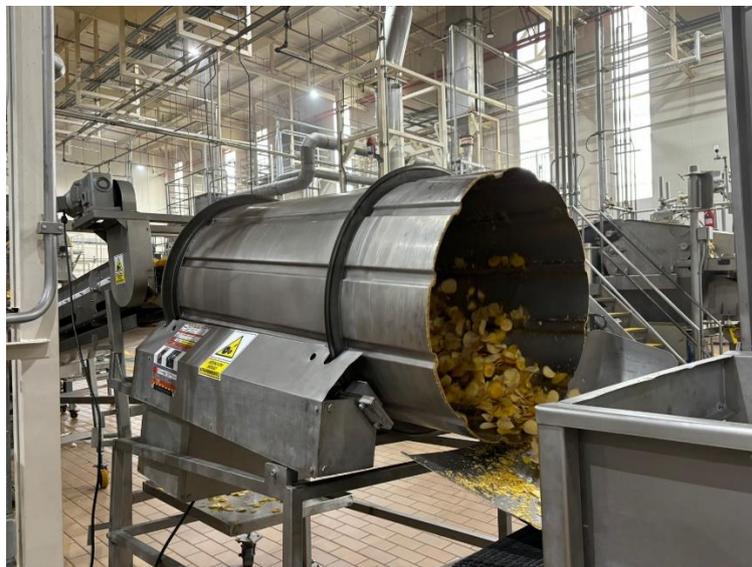


Figura 24. Tambor giratorio.

En el siguiente capítulo, se llevará a cabo el desarrollo de las propuestas de herramientas de mejora. Para ello, se abordarán de manera específica las distintas causas que se han detallado previamente, asegurando así una comprensión clara y estructurada de las posibles soluciones. Además, se evaluará la aplicabilidad de cada herramienta en función de las características particulares de cada causa identificada, lo que permitirá seleccionar las estrategias más adecuadas para su implementación efectiva.

CAPÍTULO III

PROPUESTA DE MEJORA

En base a la investigación de campo realizada dentro de la línea de producción de elaboración de snacks de plátano verde, además del análisis de eficiencia y productividad relacionadas a la materia prima, el enfoque principal de este capítulo es la presentación de las propuestas que permitan optimizar recursos y asegurar el mejoramiento continuo dentro de la compañía. Por consiguiente, continuando con la etapa de Mejorar y Controlar de la metodología de DMAIC se tiene:

2.2.4 Fase Mejorar y Controlar

En el análisis realizado en cada etapa de la línea de producción de snacks de plátano verde, se encontraron áreas de optimización, cuyo objetivo sería obtener avances en cuanto a la eficiencia de la fruta, lo que se traduce en un control óptimo de los recursos; reduciendo así la merma proveniente del proceso productivo.

2.2.4.1 Recepción de la materia prima

En la Tabla 27 se especifican las principales problemáticas encontradas dentro del proceso de recepción de la materia prima:

Tabla 26. Propuestas de mejora en la recepción de materia prima.

Causas	Herramientas	Finalidad de la Propuesta
Escasez de personal de calidad en la recepción de la materia prima	Check List	Implementar un Check List asegurará que la recepción de la materia prima cumpla con los parámetros de calidad especificados, minimizando los errores y garantizando la conformidad del producto.
Horarios inadecuados para la recepción de materia prima	Just In Time	Coordinar con los proveedores para ajustar los tiempos de entrega de la materia prima, evitando así su llegada en horario nocturno.

- **Check List:**

Como se puede observar en la Tabla 27, para la falta de personal se propone el uso de la herramienta Check List, la cual consiste en una recopilación de los parámetros más importantes de calidad que debe cumplir la materia prima para poder ser aprobada y receptada. Adicionalmente, se considera relevante involucrar parte del equipo de producción para que puedan brindar soporte en el proceso de recepción de la materia prima y de esta forma, no incurrir en gastos para la contratación de personal nuevo. Con el fin de asegurar que el tiempo máximo de recepción de la materia prima sea de una hora, se dispondrá de dos personas: una perteneciente al departamento de calidad y otra al departamento de producción, quien brindará soporte al analista.

LOGO
CHECK LIST
RECEPCIÓN

Datos de la empresa

Nombre del colaborador:

Fecha de recepción:

Hora de la recepción:

Datos del proveedor

Código del proveedor:

Parámetros	Cumplimiento	
	SI	NO
Grados Brix (<= 7%)	✓	
Humedad (<= 65%)		
Materia extraña		

Firma

Figura 25. Check List de recepción de materia prima.

En la Figura 25, se presenta una lista de chequeo que incluye los cuatro parámetros más relevantes para evaluar la calidad de la materia prima: grados brix, humedad y materia extraña. El formato contiene la hora de recepción, el nombre de la persona que ejecutará el proceso y los datos del proveedor, lo cual aportará a una mayor trazabilidad de la materia prima. Además, esta lista será de gran ayuda para el personal de la línea, ya que, mientras el responsable de calidad realiza los análisis mediante la tabla militar para la aceptación o el rechazo de la materia prima, el operador de producción efectuará las mediciones indicadas en el Check List utilizando parámetros de "cumple / no cumple" para facilitar la evaluación.

- **Just in Time:**

Para la entrada de materia prima en horario nocturno se propone la herramienta Just in Time, la cual permitiría el ajuste de horarios de entrega con los proveedores y los ingresos del personal de calidad en horario de la mañana. De esta manera, se reduciría el impacto de la maduración del plátano asociado a retrasos en la recepción de la fruta por falta de personal. Adicionalmente, se plantea establecer días específicos para la recepción de materia prima durante la mañana, garantizando que haya el número adecuado de personal en esa área para dicho proceso.

Tabla 27. Registro de recepción de materia prima.

Fecha	Código del proveedor	Hora de recepción de la materia prima a la planta	Cantidad recibida (kg)	Responsable

En relación con esto, la Tabla 28 muestra el registro de recepción de la materia prima, detallando la fecha, el código del proveedor, la hora de recepción en la planta, la cantidad en kilogramos de plátano verde que llega a la planta de producción y, finalmente, el responsable de la recepción. Cada proveedor tendrá un día específico para la entrega de la materia prima, siempre en horarios de la mañana, para que el personal del departamento de calidad pueda realizar la recepción del plátano verde. Por ejemplo, el Proveedor 1 realizará sus entregas los lunes entre las 06:00 y las 07:00, el Proveedor 2 los miércoles de 08:00 a 09:00 horas, y el Proveedor 3 los viernes entre las 10:00 y las 11:00 horas. Este registro es fundamental para asegurar un flujo constante y organizado de la fruta, facilitando la planificación y gestión de la producción, así como la coordinación con los proveedores para evitar retrasos y garantizar la disponibilidad de los insumos necesarios. Sin embargo, en caso de presentarse algún inconveniente con una de las entregas y si es necesario realizar la recepción en horarios nocturnos, se aplicará el Checklist de la Figura 25. Cabe recalcar que el operario será capacitado para la ejecución de esta actividad, evitando así retrasos en la línea de producción.

2.2.4.2 Almacenamiento en el cuarto frío

En el cuarto frío que alberga a la materia prima, es primordial mantener condiciones óptimas de almacenamiento para garantizar la calidad y seguridad del producto. Los problemas identificados en esta área afectan significativamente a la eficiencia operativa y por lo tanto a la productividad. A continuación, en la Tabla 29, se presenta una propuesta de mejora basada en el análisis de los problemas identificados, sus causas y los efectos, utilizando herramientas específicas para resolverlos.

Tabla 28. Propuesta de mejora la zona de almacenamiento en el cuarto frío.

Causas	Herramientas	Finalidad de la Propuesta
Falencias en la toma de temperaturas de los termostatos	Andon	Proponer un sistema de alarma que alerten sobre cualquier desviación en las temperaturas establecidas
Daño de ventiladores dentro del cuarto frío	Mantenimiento productivo total (TPM)	Monitorear y registrar el estado de los equipos para anticipar y prevenir fallos
Apilamiento de bines en el área de cuarto fríos	5'S	Eliminar elementos innecesarios y organizar el almacenamiento de los bines para maximizar el espacio disponible

En la Tabla 29, se pueden observar las herramientas de mejora que se proponen para dar soluciones a las problemáticas antes expuestas en la Tabla 22.

- **Andon:**

El sistema Andon es una herramienta de control visual que ayudara alertar de manera inmediata las anomalías que requieren atención, como lo es la variación de temperatura afuera y dentro del cuarto frío, este dispositivo hará que se genere una alarma automática al departamento de mantenimiento cuando se detecte una variación en la temperatura de almacenamiento de la

materia prima. Este sistema tendrá la finalidad de garantizar la calidad y la seguridad de la materia prima, minimizar pérdidas y mejorar la eficiencia en la detección y resolución de problemas.



Figura 26. Sistema Andon, detección de variaciones de temperatura.

El dispositivo consta de tres colores: verde, amarillo y rojo, los cuales representan lo siguiente: el rojo indica temperaturas altas fuera del rango, el amarillo señala que el dispositivo necesita mantenimiento preventivo y, por último, el verde, que indica que la temperatura del cuarto frío se encuentra en condiciones óptimas. Los sensores estarán calibrados para detectar variaciones de temperatura fuera del rango establecido (por ejemplo, $\pm 2^{\circ}\text{C}$ del rango óptimo). La alerta se generará mediante la emisión de un sonido, de modo que el departamento de mantenimiento pueda proporcionar soporte inmediato y así reducir las pérdidas económicas por el rechazo de materia prima no conforme.

- **Mantenimiento preventivo total (TPM):**

Esta herramienta se enfoca en mantener y mejorar la integridad de los equipos a través de un mantenimiento preventivo, con el objetivo de reducir al máximo el mantenimiento correctivo. Es por tal motivo, que dicha herramienta brindaría al departamento soluciones la facilidad de llevar un registro de cada una de las inspecciones enfocadas a la confiabilidad de los ventiladores dentro del cuarto frío. En la Figura 27, se muestra el bosquejo del formato propuesto para llevar una evidencia de los mantenimientos preventivos ejecutados en esta área.

- **5's:**

Se implementará la metodología de las 5S para optimizar el espacio y la organización en el cuarto frío. Las 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke) ayudarán a mantener un ambiente de trabajo ordenado y eficiente. Seiri (Clasificación) permitirá eliminar la mala organización de los bins y liberar espacio. Seiton (Orden) garantizará que todos los bins de materia prima estén organizados de manera lógica y accesible. Seiso (Limpieza) se enfocará en mantener el área limpia y libre de obstrucciones. Seiketsu (Estandarización) asegurará que los procedimientos se sigan consistentemente, y Shitsuke (Disciplina) fomentará la adherencia continua a estas prácticas.

Seiri (Clasificación)

Para mejorar la circulación del aire y evitar la presencia de plagas, se reducirá el diámetro de los bins usados habitualmente para la materia prima. Además, se diseñará una estantería para estos bins, asegurando que la materia prima no esté en contacto con el suelo. Este diseño horizontal y abierto permitirá una mejor circulación del aire frío alrededor de los productos, manteniendo una temperatura uniforme y constante. En la Figura 28 se podrá observar la propuesta.



Figura 28. Diseño de estantería de bins de materia prima.

Seiton

La organización de la materia prima debe ser lógica y accesible, es por ello que se realizará el método FIFO (primero en entrar, primero en salir), a través de una etiqueta donde se visualice: el lote, la fecha de pelado de la materia prima, distribuido por; haciendo referencia al nombre del proveedor, fecha de la recepción, y el código de barras, que ayudará a tener una mejor

trazabilidad del bino de materia prima. En la Figura 29 se visualizará la etiqueta que se usará para mejorar el flujo de los bins de plátano verde.



Figura 29. Etiqueta para los bins de materia prima.

Seiso (Limpieza)

La limpieza dentro de un área de trabajo es fundamental para garantizar un lugar limpio y seguro. Para mejorar este aspecto, se implementará un checklist de limpieza específico para el almacenamiento de materia prima en el cuarto frío. Este checklist, que consta de siete preguntas, será utilizado para verificar la limpieza realizada por el personal externo contratado por la

empresa. Se asignará a una persona para la realización de esta lista. En la Figura 30 se puede visualizar el checklist.

Encargado de la verificación :			
Área:			
Fecha:			

INDICADORES	SI	NO	OBSERVACIONES
¿ Están limpios el piso y las paredes?			
¿Están almacenados los productos de tal manera que permita la rotación y el uso del FIFO?			
¿Se encuentran los bins limpios?			
¿El difusor se encuentra limpio, y en buen funcionamiento?			
¿ Están los bins rotulados?			
¿ Hay materia prima maltratada?			
¿ El cuarto frío se encuentra libre de malos olores?			

Figura 30. Check List de cuarto frío.

Seiketsu (Estandarización)

Desarrollar procedimientos y estandarizarlos para todas las actividades relacionadas con el manejo y almacenamiento de materia prima en el cuarto frío es importante ya que permite documentar estos procedimientos y capacitar al personal en su correcta aplicación. Para el desarrollo de la estandarización se utilizará señales visuales, como carteles, para recordar a todos los colaboradores sobre los estándares de organización y limpieza que deben mantenerse. A continuación, en la Figura 31 se observa el cartel previamente mencionado.

**¡Un cuarto de
almacenamiento
limpio y ordenado es
clave para la calidad
y eficiencia de
nuestro trabajo!**

Figura 31. Cartelera de limpieza y orden del cuarto de almacenamiento de materia prima.

La implementación de las 5S optimizará el espacio y la organización en el cuarto frío, reduciendo el riesgo de daño a la materia prima y mejorando la eficiencia operativa. Los bins serán etiquetados y colocados en zonas específicas, y permitirá un acceso rápido y fácil, evitando el apilamiento excesivo y el deterioro de la materia prima. Este enfoque integral no solo mejorará la calidad del almacenamiento, sino que también contribuirá a un ambiente de trabajo más seguro y productivo.

Shitsuke (Disciplina)

Fomentara una cultura de disciplina y adherencia continua a las prácticas de las 5S a través de sesiones de capacitación y sensibilización periódicas para el personal, destacando la importancia de mantener un ambiente de trabajo ordenado y eficiente.

El programa de capacitaciones internas sobre las 5S en el cuarto de almacenamiento frío tiene como objetivo capacitar al personal en la metodología 5S para mejorar la organización, eficiencia y seguridad, asegurando la calidad de la materia prima almacenada. Durante cuatro semanas, se realizarán sesiones semanales de 1 hora, comenzando con una introducción a las 5S y sus beneficios, seguida de la enseñanza de Seiri (Clasificación) y Seiton (Orden) para clasificar y ordenar eficientemente los materiales y equipos. En la tercera semana, se implementarán prácticas de Seiso (Limpieza) y Seiketsu (Estandarización) para mantener el

orden y la limpieza, y en la cuarta semana se fomentará la disciplina y el compromiso continuo con Shitsuke (Disciplina), incluyendo una evaluación del programa y retroalimentación. El programa incluye materiales de apoyo como manuales, check lists, presentaciones y videos, y se realizarán evaluaciones semanales y reuniones mensuales de seguimiento para asegurar la implementación efectiva y continua de las 5S.

HORA	SEMANAS	TEMAS	OBSERVACIONES
09:00-10:00	SEMANA 1	Introducción a las 5S y sus beneficios	
10:00-11:00	SEMANA 2	Enseñanza de Seiri (Clasificación) y Seiton (Orden) para clasificar y ordenar eficientemente los materiales y equipos	
06:00-07:00	SEMANA 3	Se implementarán prácticas de Seiso (Limpieza) y Seiketsu (Estandarización) para mantener el orden y la limpieza	
13:00-14:00	SEMANA 4	Se fomentará la disciplina y el compromiso continuo, y adicional una se realizará una evaluación practica del programa y retroalimentación.	

Figura 32. Cronograma de capacitación.

2.2.4.3 Proceso selección de plátano verde

El proceso de selección del plátano verde es crucial para asegurar la calidad del producto final y la eficiencia operativa. Los problemas en la medición, acumulación y desperdicio de la materia prima pueden generar pérdidas significativas y afectar negativamente la productividad. En la Tabla 30 se presenta una propuesta de mejora basada en el análisis de los problemas identificados, sus causas y efectos, utilizando herramientas específicas para abordar y resolver estos problemas.

Además, se puede contemplar cada una de las herramientas de mejora que podría brindar ayuda para solventar cada una de las problemáticas encontradas en la fase de selección del plátano verde.

Tabla 29. Propuesta de mejora para el proceso de selección de plátano verde.

Causas	Herramientas	Finalidad de la Propuesta
Variaciones de temperaturas entre el cuarto frío y el área de producción	Kanban	Establecer un sistema Kanban para gestionar el flujo de bines, mejorando la coordinación con el equipo de bodegas
Carencia de instrumentos de medida para plátanos pequeños en el área de selección	Poka Yoke	Diseñar un dispositivo a prueba de errores para la medición del tamaño del plátano verde
Clasificación errónea de materia frita con defectos	Programa de capacitación	Reducir la cantidad del sobreconsumo del plátano verde
Falta de capacitación a operadores de la línea de producción	Programa de capacitación	Generar autonomía operativa, asegurando a reducción de desperdicios por fallas operacionales en cuanto a las clasificaciones del plátano verde

En la Tabla 30 se puede contemplar cada una de las herramientas de mejora que podría brindar ayuda para solventar cada una de las problemáticas encontradas en la fase de selección del plátano verde.

- **Kanban:**

Kanban es una herramienta la cual permite visualizar de forma sencilla el flujo de trabajo que se está llevando a cabo. La herramienta consiste en un tablero separado por columnas donde cada una de ellas representan diferentes etapas del proceso. Por lo expuesto, Kanban surge como solución a la descoordinación que existe actualmente dentro de la empresa, debido a despachos prematuros de bines de plátano, generando acumulación de estos en el piso de producción, y que, al estar fuera de condiciones de refrigeración óptimas, el plátano verde tiende a madurarse con mayor facilidad y rapidez.

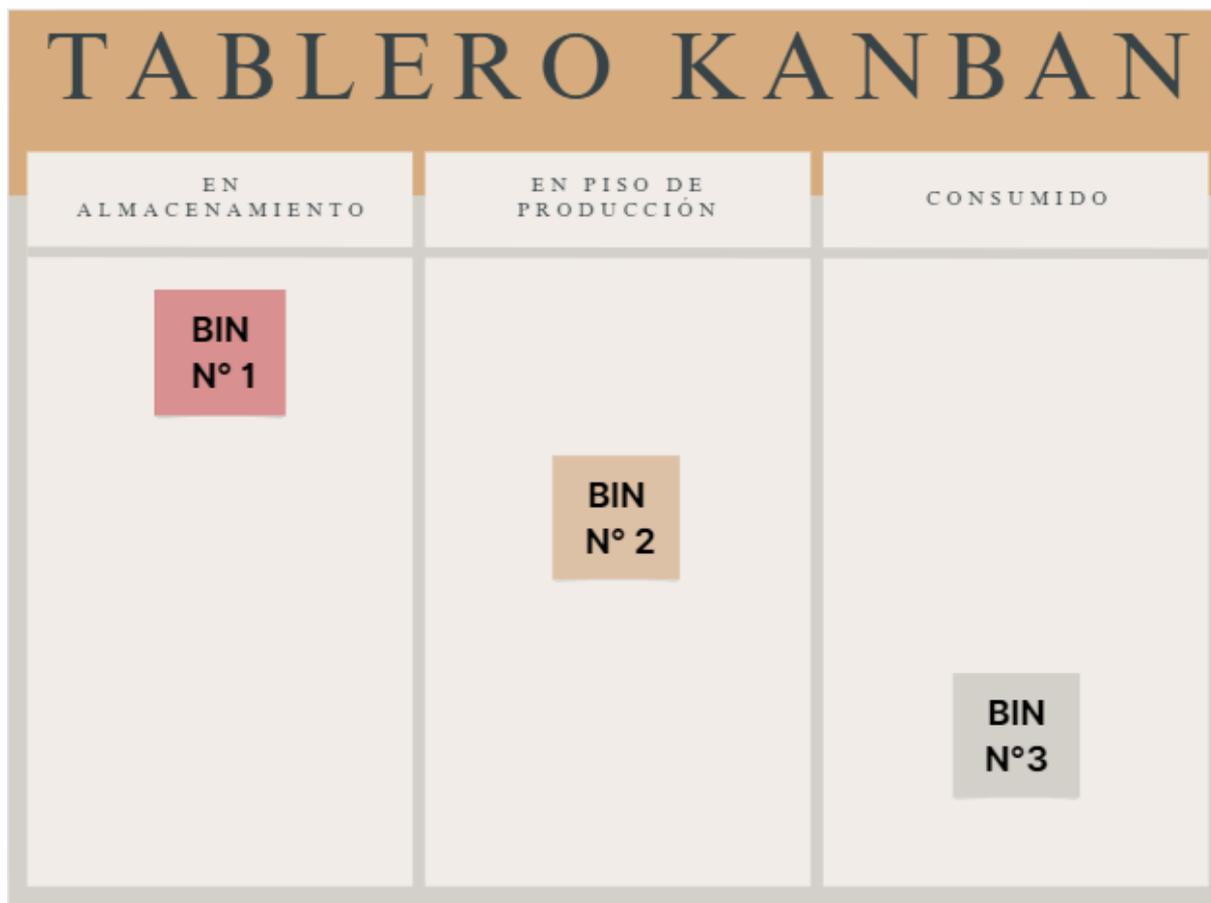


Figura 33. KANBAN para flujo de bins de materia prima.

En la Figura 34, se observa el diseño que se propone para poder llevar un control sobre el flujo de los bins de plátano y su consumo a lo largo de la producción de snacks de plátano verde. En las columnas, se detalla en que área se encuentra cada bin, el cual puede ser: en almacenamiento, en piso de producción y, por último; si ya fue consumido en su totalidad. Esta estructura le permitiría al departamento de bodega de materias primas observar la cantidad de bins que se encuentran en el piso de producción y los que fueron consumidos, para así, tomar la decisión de despachar más materia prima, mientras que el equipo operador dentro de la línea de producción, tendría la visual de cuantos bins se tienen almacenados en el cuarto frío, y así fomentar una cultura de concientización sobre el uso responsables de los recursos. De esta forma, se asegura la disminución de cantidades de desperdicio de plátano verde, generado por diferencias de temperaturas que promueven a la maduración de la fruta.

- **Poka Yoke:**

La herramienta Poka Yoke, está enfocada a la fabricación de diseños que permitan la disminución de errores dentro de la operatividad. Es por tal motivo, que se decidió implementar esta herramienta de mejor continua dentro del proceso de selección de plátano verde, donde actualmente la empresa no cuenta con un equipo precisamente diseñado para este fin, permitiendo la rápida medición de la fruta con exactitud y que no requiera de equipos complejos o de mucho tiempo para realizar la medición. En la Figura 34, se puede visualizar el diseño que se propone para dar solución a dicha problemática:



Figura 34. Prototipo para mediciones de longitud de plátano verde.

La idea del diseño consiste en la unión de dos placas metálicas soldadas entre sí a un ángulo de 90°. En la base de la estructura, se colocará una regla con medida máxima de 12cm, y en su interior se harán cortes longitudinales por donde se moverá una placa metálica, la cual permitirá determinar con exactitud la longitud de la fruta y si es apta para su procesamiento. El nuevo diseño se soldará a ambos lados de la mesa de rodillos, donde los operadores podrán realizar mediciones cada vez que tengan dudas acerca del tamaño exacto del plátano verde.

- **Programa de capacitación:**

Un programa de capacitación permitiría asegurar el desarrollo de los operadores, a fin de que se tomen las mejores decisiones en cuanto a la clasificación adecuada de plátano verde, reduciendo los desperdicios en esta área.

El primer paso consiste en establecer los temas que se desplegarán a lo largo del programa de capacitación, para lo cual se requerirá del apoyo del departamento de producción a fin de poder definir los temas de las capacitaciones, mientras que el departamento de desarrollo organizacional estructurará un sistema en el que la información pueda ser comprendida de forma clara y simple por parte de los operadores. En lo que se refiere a los temas que podrían ayudar a generar una cultura de cuidado de los recursos y a entender como los desperdicios diarios generan pérdidas económicas para la empresa, la Figura 36 detalla el tiempo de implementación de cada uno de los temas:



Figura 35. Cronograma de capacitaciones.

- **Procesos de medición de propiedades (físicas y químicas) del plátano verde:** Este tema está enfocado a comprender las mediciones que se hacen al momento de la recepción del plátano verde, y entender las principales características que son tomadas en cuenta para poder considerar un plátano verde adecuado para su procesamiento. Se contempla un tiempo difusión del curso desde principios de agosto, hasta mediados del mismo mes.
- **Identificación de no conformidades de plátano verde:** En este tema se abordarán las no conformidades o defectos de calidad presentes en la materia prima, con la finalidad de que

los operadores sepan reconocerlas y separarlas de un plátano que se encuentre en óptimas condiciones. Este entrenamiento se desarrollará desde mediados de agosto hasta mediados de septiembre.

- **Manejo de desechos:** Este entrenamiento está enfocado a comprender el flujo y procedimientos que se llevan a cabo para el correcto desecho y manejo de desperdicios provenientes de la línea de producción. El curso empezará a mediados de septiembre y finalizará a mediados de octubre.
- **Eficiencia de materiales:** Este tema estará enfocado a comprender como los desperdicios impactan sobre el indicador de la eficiencia y, por lo tanto, restan productividad a la empresa, y puede traducir como ganancias o pérdidas para la misma. Este tema culminará a mediados de noviembre.
- **Examen Final:** Se realizarán evaluaciones de los temas tratados a lo largo del cronograma de capacitaciones para evidenciar el grado de conocimiento adquirido por los funcionarios de la línea de producción. Las pruebas se realizarán desde mediados de noviembre, hasta mediados de diciembre.

Finalmente, es importante tener en cuenta que el despliegue de los temas contemplados en la Figura 36, se llevarán a cabo al final de cada turno. Es decir, mientras se da el relevo al cambio de turno, el personal que sale; es el que recibirá las capacitaciones, las cuales se impartirán en un tiempo de duración de cuarenta minutos en promedio. De esta forma, no se interrumpen las actividades operacionales de la línea de producción.

2.2.4.4 Línea de producción

Tabla 30. Propuesta de mejora para la línea de producción

Causas	Herramienta	Finalidad de la Propuesta
No se tiene un mapeo de desperdicio para medir merma	Mapeo de proceso	Proporcionar una visión clara de las ineficiencias y establecer un punto de partida para reducir la merma y mejorar la eficiencia operativa
Tambor giratorio genera pedacería	Ciclo de Deming	Planificar una solución, implementarla, verificar su efectividad y actuar en consecuencia para asegurar una mejora continua en la reducción de desperdicios y optimización del proceso

Dentro de la línea de producción la principal oportunidad de mejora que se encontró fue la creación de un mapeo de procesos para medir la cantidad de desperdicio que se obtiene en cada una de las etapas de la línea de producción, ya que si bien es cierto se pudo cuantificar el consumo excesivo que se tiene de la materia prima, la fuente principal de dicha merma aún es incierta hasta poder obtener los datos necesarios para establecer planes de acción que permitan reducir dicha problemática. Por tal motivo, nuestra propuesta se enfocó en desarrollar un sistema de registro de desperdicios, y se levantó el procedimiento pertinente en conjunto con los operadores de la línea para poder llevar el control de los desperdicios.

Mapeo de Desperdicios

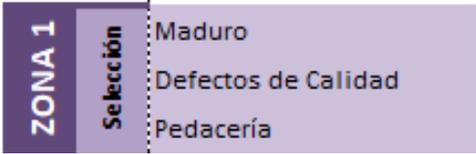
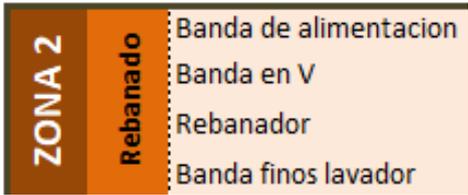
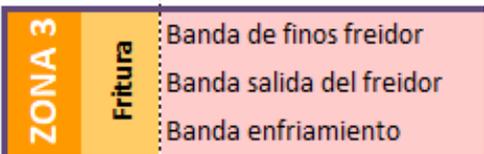
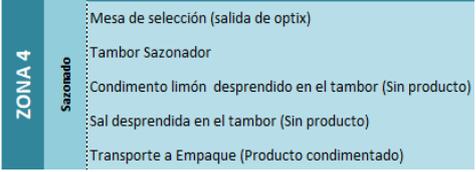
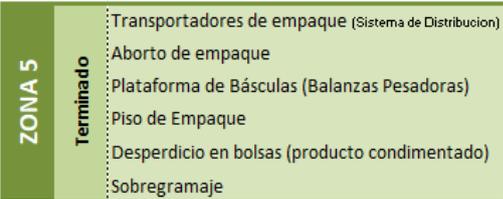
El Mapeo de Desperdicios surge con el propósito de brindar un detalle acerca de las zonas con más porcentaje de merma dentro de la línea de producción.

MAPEO DE DESPERDICIO PC10		Línea PC10		Costo Ponderado de Materiales													
Mes	Agosto	Planta	Suyana, Ecu	Platano		Aceite		Cond									
		DÍA 1			DÍA 2			DÍA 3			DÍA 4			DÍA 5			
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3	
BÁSICO	Plátano	Maduración	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	Selección Proveedor	
		Humedad															
		Grados Brix															
		Longitud															
		Diametro															
CONSUMO	Herramientas	Consumo de Plátano (kg)															
Mapeo de Desperdicios																	
ZONA 1	Selección	Madero															
		Defectos de Calidad															
		Pedacería															
ZONA 2	Rebanado	Banda de alimentación															
		Banda en V															
		Rebanador															
		Banda finos lavador															
ZONA 3	Fritura	Banda de finos freidor															
		Banda salida del freidor															
		Banda enfriamiento															
ZONA 4	Asomado	Mesa de selección (salida de optix)															
		Tambor Sazonador															
		Condimento limón desprendido en el tambor (Sin producto)															
		Sal desprendido en el tambor (Sin producto)															
		Transporte a Empaque (Producto condimentado)															
ZONA 5	Terminado	Transportadores de empaque (Sin producto)															
		Aborto de empaque															
		Plataformas de Biscuítos (Balanzas Pesadoras)															
		Piso de Empaque															
		Desperdicio en bolsas (producto condimentado)															
		Sobregramaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Figura 36. Formato de mapeo de desperdicios de la línea de producción de snacks de plátano verde.

La Figura 37 muestra la tabla principal del mapeo de desperdicios y a su vez ésta deberá ser llenada por parte de los operadores de la línea. En la zona superior, se encuentra el encabezado, el cual está conformado principalmente por el nombre de la herramienta, el nombre de la línea de producción y el mes al que corresponden los registros ingresados. En la esquina superior derecha, se plantea llevar un registro mensual del costo de los principales materiales para la fabricación de snacks del plátano verde, los cuales son: plátano verde, el aceite y el condimento. En cuanto al cuerpo del mapeo de desperdicio, está estructurado principalmente por las macrozonas que conforman parte de la línea de producción, y éstas se encuentran ubicadas en las columnas izquierdas del cuadro. En cuanto a las filas del cuerpo se refiere, en las dos primeras se colocará el día del mes, en las siguientes se ingresará el turno en el que se está realizando el registro y finalmente en una tercera fila se colocará el nombre del proveedor al cual pertenece el lote que se está produciendo. A continuación, en la Tabla 31 se detalla un desglose de cada uno de los procesos que se realizan en las principales zonas de la línea de producción

Tabla 31. Desglose de zonas del mapeo de desperdicios.

ZONA DE PRODUCCIÓN	DESGLOSE
SELECCIÓN	
REBANADO	
FRITURA	
SAZONADO	
PRODUCTO TERMINADO	

BÁSICO	Plátano	Maduración
		Humedad
		Grados Brix
		Longitud
		Diametro

Figura 37. Zona Básico del formato del mapeo de desperdicios.

Tal como se observa en la Figura 38, se busca es poder analizar cuál es el porcentaje de pérdida al momento de la recepción de la materia prima, considerando cinco de las principales fuentes de merma y de esta forma también obtener un registro claro de cuáles son los proveedores con los que se tienen mayor porcentaje de pérdidas por defectos de calidad.

Finalmente, en este apartado hay que ingresar la cantidad en kilogramos que llegan al inicio de la cada productiva y que cumplen el proceso de transferencia desde el cuarto frío al piso de producción, en otras palabras; se refiere a la cantidad de kilogramos de materia prima cruda de plátano verde que se encuentran dentro de los bines. Estos valores se encuentran etiquetados en cada bin y podrá ser fácilmente leído y registrado por los operadores ubicados en la zona de alimentación o selección de plátano verde. Esto se detalla en la Figura 35 a continuación:

CONSUMOS	Materiales	Consumo de Plátano (kg)

Figura 38. Consumos de plátano.

Finalmente, al final de cada mes, se encuentran los totales, los cuales almacenan la suma de todos los pesos de desperdicios ingresados, y de esta forma poder realizar una gráfica que permita visualizar la cantidad exacta de kilogramos desperdiciados y, por lo tanto, determinar cuál es aquella fase del proceso que requiere mayor atención. A continuación, en la Figura 40 se puede visualizar el bloque de totales:

		Totales			Gran Total
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	
BÁSICO	Plátano	Maduración			
		Humedad			
		Grados Brix			
		Longitud			
		Diametro			
CONSUMOS	Materiales	Consumo de Plátano (kg)			
Mapeo de Desperdicios					
ZONA 1	Selección	Maduro			
		Defectos de Calidad			
		Pedacería			
ZONA 2	Rebanado	Banda de alimentacion			
		Banda en V			
		Rebanador			
		Banda finos lavador			

Figura 39. Registro de los desperdicios generados en cada zona de la línea de producción.

La Columna del gran total es la suma de los registros de los tres turnos. Este resultado final, es muy importante dentro del mapeo de desperdicios, pues permitirá relacionarlo con la cantidad exacta de kilogramos de plátano frito crudo que logró ser empacado, y así se podrá determinar el porcentaje de desperdicio por cada zona.

Continuando con el detalle del mapeo, la siguiente fase consiste en el llenado de la pestaña de producción. En la cual, se ingresará la cantidad total de kilogramos de plátano verde crudo que logró ser procesado y empacado. Este valor, tal como se explicó con anterioridad a lo largo del desarrollo del presente trabajo, las cantidades pueden ser visualizadas por el operador de la

línea mediante el sistema de control denominado SAP. Al final de cada turno se registra dicho valor para poder obtener el porcentaje de desperdicio que se tuvo durante la jornada laboral.

Producción		Meta Total de Plátano												Línea
Mes	Agosto	Planta												
		DÍA 1			DÍA 2			DÍA 3			DÍA 4			
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3	
PRODUCCIÓN PRODUCTOS	Platanito Natural													
	Platanito Limón													
	Plátano para Mix													

Figura 40. Esquema simplificado del mapeo de desperdicios.

En la Figura 41, se puede visualizar un esquema más simplificado en comparación al presentado dentro de la Figura 35. Sin embargo, comparten un mismo diseño de encabezado y de delimitación de días y turnos para el registro de los datos. En este apartado, la principal diferencia recae en las columnas de la izquierda, donde en lugar de presentarse las principales zonas de desperdicio, ahora se detallan los productos que se elaboran dentro de la línea de producción.

Al final del mes, de igual forma, se puede visualizar las columnas de los totales, tal como se evidencia en la Figura 42, las cuales almacenarán las cantidades producidas para poder hacer la relación contra desperdicios:

		MES				
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Total	
PRODUCCIÓN	PRODUCTOS	Platanito Natural	-	-	-	-
		Platanito Limón	-	-	-	-
		Plátano para Mix	-	-	-	-

Figura 41. Registro de la cantidad total producida.

Finalmente, los datos ingresados podrán ser visualizados en la pestaña de Cálculo de Desperdicio, la cual, se estructura tal como se puede visualizar en la Figura 43:

		Desperdicio
Consumo de plátano verde (KG)	-	
AREA	DESPERDICIO	%
Selección		
Rebanado		
Fritura		
Sazonado		
Terminado		
Sobregramaje		
Desperdicio Total	-	
No identificado		
TOTAL	-	

Figura 42. Registro del desperdicio por área.

La zona de Consumo de plátano verde es el resultado de la suma de todos los datos registrados dentro de la tabla principal, en la zona de consumo, que se detalló dentro de la Figura 33. Mientras que, por otro lado, la columna del desperdicio es el resultado de la suma de todos los registros agregados dentro de cada una de las zonas detalladas en la Tabla 35. Es importante mencionar que el sobregramaje hace referencia a todas aquellas devoluciones que se reciben por los clientes y que de igual forma representan una pérdida económica para la empresa, pero que no puede ser cuantificada con cotidianidad.

Finalmente, la columna que representa el porcentaje de desperdicio para cada área se calcula mediante la división de la cantidad de desperdicio de cada una de las zonas, para el consumo total de plátano verde y multiplicado por cien. Obteniendo de esta forma el porcentaje total de pérdida en cada fase del proceso productivo. Estos datos finalmente son usados como fuente para alimentar a la gráfica de barras que permite obtener la visual del porcentaje de pérdidas en cada zona a lo largo del mes. Esto se puede observar en la Figura 44:

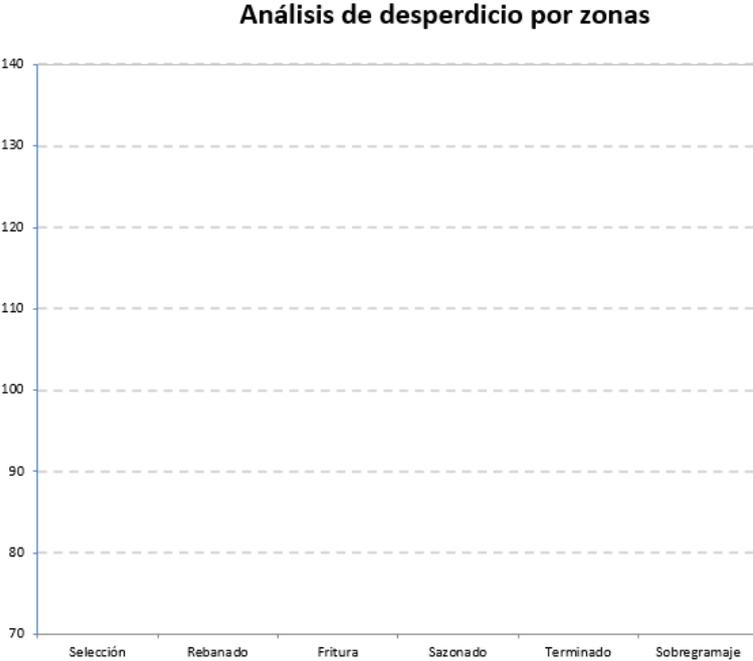


Figura 43. Gráfico de los desperdicios generados en cada zona de la línea de producción.

Ejemplo del funcionamiento:

Considerar un consumo de plátano verde crudo de 20000 Kg durante el primer turno de producción. Se registran desperdicios en la selección de plátano verde con un total de 3000 Kg, en el rebanado y la fritura, se contemplan 2000 Kg de desperdicio para cada una de las zonas, mientras que para el área de sazonado se tuvo un registro de 1500 Kg de merma. Finalmente, en el área de producto terminado se detallan 1000 Kg de desperdicio. Ingresando los datos previamente estipulados, se obtendrían los siguientes parámetros:

Primeramente, se ingresan datos en la pestaña principal, tal como se puede observar a continuación en la Figura 45:

CONSUMOS	Materiales	Consumo de Plátano (kg)	20000
Mapeo de Desperdicios			
ZONA 1	Selección	Maduro	
		Defectos de Calidad	500
		Pedacería	500
ZONA 2	Rebanado	Banda de alimentacion	250
		Banda en V	250
		Rebanador	500
		Banda finos lavador	1000
ZONA 3	Fritura	Banda de finos freidor	500
		Banda salida del freidor	500
		Banda enfriamiento	1000
ZONA 4	Sazonado	Mesa de selección (salida de optix)	250
		Tambor Sazonador	250
		Condimento limón desprendido en el tambor (Sin producto)	250
		Sal desprendida en el tambor (Sin producto)	250
		Transporte a Empaque (Producto condimentado)	500
ZONA 5	Terminado	Transportadores de empaque (Sistema de Distribucion)	1000
		Aborto de empaque	1000
		Plataforma de Básculas (Balanzas Pesadoras)	500
		Piso de Empaque	500
		Desperdicio en bolsas (producto condimentado)	

Figura 44. Registro del desperdicio causado por zonas del Turno 1.

Como se puede analizar, los registros se hacen acorde a cada una de las zonas donde se generan las mermas. Estos datos ingresados, son automáticamente calculados y transportados a la tabla descrita en la Figura 38, donde se realizan los cálculos pertinentes para poder obtener el porcentaje de pérdida de materia prima por cada zona del proceso productivo. En la Figura 46 se presentan los resultados obtenidos dentro del mapeo de desperdicios:

		Desperdicio
Consumo de plátano verde (KG)	20.000,00	47,50%

AREA	DESPERDICIO	%
Selección	3000	15,00%
Rebanado	2000	10%
Fritura	2000	10,00%
Sazonado	1500	7,50%
Terminado	1000	5,00%
Sobregamaje	0	0,00%
Desperdicio Total	9.500,00	47,50%
No identificado		
TOTAL	9.500,00	47,50%

Figura 45. Registro de los resultados del mapeo de desperdicios.

Como se puede analizar, se observa que la zona que presenta mayor porcentaje de pérdida es el área de selección, con un total de 3000 Kg de desperdicio y representa al 15% de merma durante la producción, y por consiguiente es importante llevar un estudio de Causa- Raíz para entender cuáles son las oportunidades y solventarlas mediante planes de acción, ya que el 47,50% de la producción fueron desperdicios, teniendo 9500 Kg de merma. Finalmente, se puede observar la gráfica de Análisis de desperdicio por zonas, tal como se detalla en la Figura 47:

Análisis de desperdicio por zonas

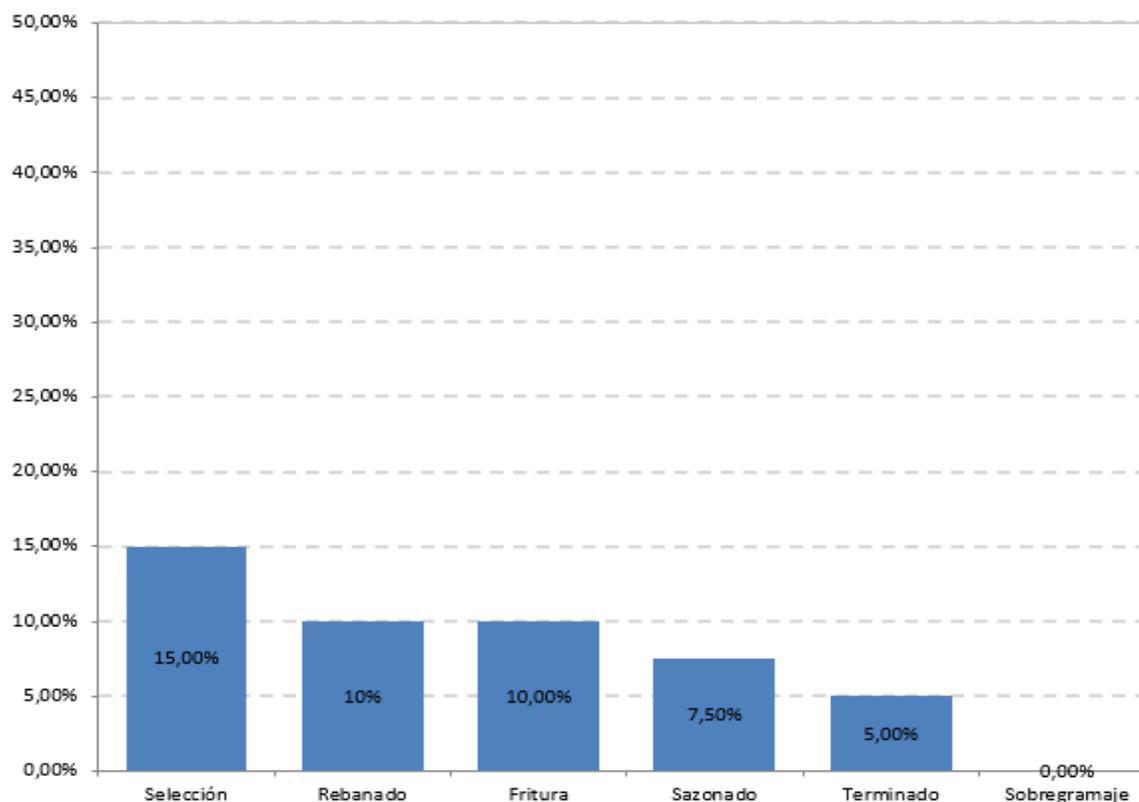


Figura 46. Gráfica del mapeo de desperdicios.

Como se pudo observar, el mapeo de desperdicio funciona de una forma práctica y sencilla, que permite al operador registrar los pesos de desperdicios y gracias a eso poder identificar mejoras dentro de cada área de trabajo.

Tambor giratorio

El tambor giratorio se ubica a la salida del freidor, en su momento tuvo el objetivo de evitar la adherencia de plátano maduro a las bandas. Sin embargo, en la actualidad este producto se encuentra discontinuado, por lo que su utilidad es nula. Por tal motivo, se implementará el ciclo de Deming, a fin de poder llevar un control sobre el correcto cambio de dicho equipo dentro de

la línea de producción. A continuación, se detalla cada una de las fases de esta metodología y cómo su implementación ayudaría a controlar, y medir el impacto que genera este cambio:

- Planificar (Plan)

En esta primera etapa se plantearán los objetivos que se desean alcanzar, los cuales serían los siguientes:

- Ejecutar el cambio del tambor giratorio de la línea de producción de snacks de plátano verde
- Realizar la implementación de una banda que unifique el proceso de fritura con el de sazonado
- Medir el impacto del cambio del tambor giratorio en la reducción del desperdicio frito

Establecer objetivos estratégicos permiten alcanzar metas en corto y mediano plazo, motivo por el cual esta primera fase es la más importante, ya que aquí se define el éxito del proyecto.

- Hacer (Do)

Esta etapa está destinada a llevar a cabo cada una de las actividades planificadas y que fomenten el cumplimiento de los objetivos previamente establecidos en la fase anterior. Por tal motivo, aquí es donde con el apoyo del equipo de mantenimiento se procederá a realizar la desconexión del tambor giratorio de la línea de producción. Para esto, es importante que el trabajo se realice en momentos donde la línea no esté produciendo y que no pueda afectar a su posterior arranque, finalmente es importante verificar que el equipo se encuentre debidamente limpio y desinfectado antes de su desinstalación. Una vez el tambor ha sido retirado, es necesario instalar la nueva banda que servirá como punto de conexión entre el freidor y tambor sazonador, reduciendo de esta manera el riesgo de generar pedacería por el movimiento rotario que se tenía con el anterior equipo.

- Verificar (Check)

Dentro de la etapa verificar, lo que se busca es llevar un control y proceso de análisis, con la finalidad de determinar si la propuesta de mejora está generando beneficios en la reducción de pedacería de producto frito. Para esto, cabe recalcar que como no se contaba con un registro histórico de dicha merma, es importante el involucramiento de los operadores, ya que ellos pueden identificar de forma visual si la medida correctiva está brindando resultados dentro de la operatividad. Además, el mapeo de desperdicios de igual forma puede brindar información si este punto de conexión es generador de merma y cuál sería su impacto dentro de esta acumulación. Por otro lado, en lo que a la parte mecánica y funcional del equipo se refiere, es crucial contar con el apoyo del departamento de mantenimiento, el cual asegurará y medirá los parámetros críticos del funcionamiento del equipo y así determinar si se cumple con las exigencias previstas.

- Actuar (Act)

Para finalizar, es necesario llevar la última etapa la cual es la de actuar. Esta etapa está enfocada en realizar las modificaciones pertinentes en caso de ser necesario, para cumplir con los objetivos y metas establecidas en la primera etapa. Por tal razón, es importante contar con las observaciones de cada departamento de operaciones (Producción, Mantenimiento y Calidad), con el fin de determinar si el equipo funciona acorde a los requerimientos y parámetros de satisfacción solicitados por la empresa. En caso de encontrar anomalías o no conformidades, se establecerá un espacio para analizar la causa-raíz del problema entre las partes interesadas, y se alinearan los planes de acciones respectivos.

2.4.5 Fase Controlar

Para la última etapa del ciclo de DMAIC, la cual consiste en el control y el seguimiento de registro de datos; dentro de esta sección se contemplan aquellas medidas que requieren especial atención, las cuales se mencionan a continuación:

- **Mantenimiento Preventivo Total (TPM)**

Esta propuesta de mejora surge con la necesidad de tener un control sobre el funcionamiento correcto de los ventiladores que se encuentran dentro del almacenamiento del cuarto frío ya que a lo largo de este estudio se identificó que, de los cinco equipos existentes, dos se encontraban fuera de funcionamiento, lo que generaba que la materia prima (plátano verde) tenga una pronta maduración, debido a que no se alcanzaban las temperaturas óptimas para su almacenamiento. Es por ello, que mediante la herramienta Andon y el registro de mantenimiento preventivo, las problemáticas registradas en esta zona se solventaron a manera que, el andón emitió una alarma al departamento de mantenimiento para en caso de ver inconsistencias tener un mejor control de cada equipo que se encuentra dentro del cuarto, y también con el registro de mantenimiento preventivo tener una constancia de que se solventó la problemática a tiempo.

- **Falta de capacitación a operadores de la línea de producción**

La falta de capacitación del personal en la línea de producción impactó negativamente en la eficiencia del uso de materia prima. Este déficit de formación llevó a una gestión inadecuada de los recursos, ya que los trabajadores no estaban debidamente entrenados para identificar y corregir los problemas de sobreconsumo. La falta de un análisis preciso de los excesos y desperdicios provocó un incremento en los costos de adquisición de materia prima, afectando las ganancias de la empresa. Sin embargo, al implementar una propuesta de mejora que incluía un programa de capacitación y un control más riguroso, la línea de producción logró reducir significativamente el sobreconsumo de materia prima. Esta intervención permitió una gestión más eficiente de los recursos, resultando en una disminución de los costos de producción, una mejora en la eficiencia y productividad de la línea de producción.

- **Mapeo de desperdicios**

Se propuso implementar un mapeo de desperdicios en la línea de producción de snacks a base de plátano verde para abordar problemas de eficiencia y productividad. Esta estrategia permitió realizar un análisis detallado de cada zona de la línea de producción, identificando específicamente cuáles áreas estaban generando un mayor sobreconsumo de materia prima. El

mapeo reveló que ciertas secciones de la línea estaban experimentando pérdidas significativas de plátano, lo que afectaba negativamente la eficiencia y la productividad general. Al conocer con precisión los puntos de mayor desperdicio de materia prima, se pudieron implementar medidas correctivas dirigidas a reducir el sobreconsumo y optimizar el uso de materia prima. Este enfoque no solo mejoró la eficiencia operativa, sino que también contribuyó a la reducción de costos y a tener un mejor control sobre el manejo de la materia prima.

Conclusiones

Basado en los datos históricos de productividad y eficiencia del año 2022 hasta los primeros 6 meses del 2024, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En conclusión, el análisis del proceso de fabricación de snacks de plátano verde ha revelado un preocupante sobreconsumo de materia prima, cuya fuente principal de merma aún no se ha identificado con precisión. Esta situación ha resultado en una baja eficiencia y productividad en todo el proceso productivo.
- Se observó que cada fase del proceso de fabricación de snacks de plátano verde presenta variaciones significativas en cuanto a los recursos empleados. Se identificaron cuellos de botella en el traspaso de la materia prima al área de producción y en la selección de la materia prima, lo que afecta la eficiencia operativa de la línea de producción. Además, se detectaron inconsistencias en la calidad del producto final debido a variaciones en la materia prima y en el control de temperatura durante el proceso de fritura.
- A través de la evaluación de los indicadores de producción, se encontró que la productividad promedio mejoró gracias a la implementación de mejoras en la maquinaria y capacitación del personal. Sin embargo, se mantuvo un nivel relativamente alto de sobreconsumo de materia prima, indicando la necesidad de un control de calidad más riguroso. Se identificaron oportunidades de mejora en la línea de producción y en la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo para reducir la pronta maduración del plátano verde.
- Se desarrolló una propuesta integral que incluye la optimización de la cadena de suministro para asegurar una materia prima de calidad constante, la actualización de equipos para reducir

el consumo energético y la implementación de prácticas de producción más eficientes. Estas mejoras se proyectan para reducir el sobreconsumo de recursos, contribuyendo a una mayor sostenibilidad y rentabilidad de la línea de producción de snacks de plátano verde.

Recomendaciones

- El sobreconsumo del plátano verde no es una actividad aislada que depende únicamente de un departamento o del equipo de la línea de producción, sino que es el resultado de todas las actividades desarrolladas en conjunto de los equipos competentes. Por este motivo, se recomienda mejorar la comunicación entre los jefes de área y así poder estructurar reuniones enfocadas a realizar inspecciones de línea en búsqueda de oportunidades de optimización de recursos.
- En lo que respecta al transporte y almacenamiento del plátano verde, se recomienda reestructurar el diseño de los bines de plátano verde, a fin de mejorar el flujo de aire entre las bolsas de materia prima, con el propósito de reducir el impacto de desperdicio por maduración.
- Se recomienda crear pancartas e infografías, distribuidas a lo largo de la planta de producción, las cuales estarán enfocadas a la concientización del cuidado responsable de los recursos, generando cultura dentro de la población.

REFERENCIAS

- [1] I. Agroindustrial, C. Del Pilar, G. Pineda, D. A. Sofía, R. Navarro, and D. K. Yamul, “Desarrollo de alimentos aptos para celíacos a base de maíz y de subproductos de la industria alimentaria,” 2019.
- [2] A. Insfran and E. Redondo, “Factores de Éxito de Lean Seis Sigma en la Industria Alimentaria,” *Lat. Am. J. Appl. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2020, doi: 10.69681/lajae.v3i1.15.
- [3] M. Alnadi and P. McLaughlin, “Leadership that facilitates the successful implementation of lean six sigma,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, no. August, pp. 59–66, 2020, doi: 10.1145/3416028.3416045.
- [4] A. O. Acevedo Borrego, O. Cachay Boza, and C. Linares Barrantes, “Enfoque de productividad y mejora en el ingeniero industrial de San Marcos. Estudio exploratorio para competitividad de categoría mundial,” *Ind. Data*, vol. 20, no. 1, p. 95, 2017, doi: 10.15381/idata.v20i1.13502.
- [5] Lady Pozo, *Extracción y caracterización del almidón de plátano verde (Musa paradisiaca) producido en el sector Untal, parroquia El Chical, y su potencial uso como aditivo en la elaboración de pan blanco*, vol. 26, no. 1. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11273-020-09706-3>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2017.09.008>
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117919>
<https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2020.103116>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2010.12.004>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2010.12.004>
- [6] R. Rivera, “Evaluación de diferentes métodos de aplicación de fungicidas y extractos botánicos para el control de pudrición de corona de banana.,” *Univ. Técnica Machala*, pp. 1–34, 2021.
- [7] B. Maria, “EVALUACIÓN DE MEZCLA FÍSICA: FERTILIZANTE QUÍMICO CON ENMIENDAS EDÁFICAS EN EL CULTIVO DE BANANO (MUSA X PARADISIACA L.),” pp. 1–40, 2020.
- [8] E. Fernández Cruz, B. López Plaza, C. Santurino, and C. Gómez Candela, “Nutritional composition and nutritional claims of canary islands banana,” *Nutr. Hosp.*, vol. 38, no.

- 6, pp. 1248–1256, 2021, doi: 10.20960/nh.03614.
- [9] F. Fernández, J. T. Pico, and B. A. Avellán Cedeño, “Guía para la producción y manejo integrado del cultivo de plátano,” *Guía N° 127*, p. 28, 2021, [Online]. Available: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5825>
- [10] H. Chevez, ““CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL BANANO MAQUEÑO RED DACCA (Mussa acuminata),”” 2020.
- [11] J. Alcívar and C. Say, “COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL HARTÓN (MUSÁCEA PARDISIACA) CON LA APLICACIÓN DE DOS ABONOS ORGÁNICOS EN EL RECINTO GARZA GRANDE”,” *Sist. Biodigestor*, 2022, [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9102%0A>
- [12] KATHERYN VALERIA ROBALINO DELGADO and YOMIRA MARGARITA FERRÍN MENDOZA, “ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA CHIFLERÍA ‘KC’ DEL CANTÓN CHONE,” 2023.
- [13] F. A. R. LATORRE, “DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE TRES TIPOS DE SNACKS A PARTIR DE PLÁTANO VERDE (musa paradisiaca) PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL INTERCULTURAL Y PLURINACIONAL DEL CANTÓN ARAJUNO PROVINCIA DE PASTAZA’”,” 2021.
- [14] C. P. Fabricio Javier, ““PROPUESTA DE MODELO Y ESTRATEGIA DE BRANDING. CASO: PRODUCTOS DERIVADOS DEL CULTIVO DE PLÁTANO VERDE EN EL CANTÓN CHONE, PROVINCIA DE MANABÍ,”” p. 122, 2020.
- [15] M. VASQUEZ;JEYNE, “UTILIZACIÓN DEL DESECHO ORGÁNICO DE CÁSCARA DE PLÁTANO COMO ADITIVO DE ENRIQUECIMIENTO EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS Que para obtener el grado de Especi,” 2022.
- [16] P. M. Silva Alvarado, N. Sablón Cossío, and M. A. Bravo Giler, “Estudio de la cadena agroalimentaria del plátano en la provincia de Manabí,” *ECA Sinerg.*, vol. 12, no. 3, p. 155, 2021, doi: 10.33936/eca_sinergia.v12i3.3430.
- [17] S. OSORIO SAÑUDO and C. RAMIREZ GUERRERO, “Aprovechamiento de cáscara de banano para la producción de un textil aplicado a productos de exportación,” *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019, [Online]. Available: <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.200>

8.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBE
TUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

- [18] A. DUQUE SORIA, “DESARROLLO DE UN NUEVO MATERIAL CON LA CÁSCARA DE PLÁTANO VERDE PARA SU APLICACIÓN EN OBJETOS,” pp. 4–6, 2024.
- [19] M. A. Ibarra Vallejo and L. I. Márquez Muñoz, “Identificación de usos potenciales para el aprovechamiento de los residuos generados en el proceso de beneficio del plátano (*Musa paradisiaca*) var. Hartón,” *Boletín Informático*, vol. 9, no. 2, pp. 181–188, 2022, [Online]. Available:
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Art+48+Identificación+de+usos+potenciales+para+el+aprovechamiento+de+los+residuos+generados+en+el+proceso.pdf
- [20] M. L. RUEDA VILLANUEVA and R. E. TRINIDAD CARBAJAL, “INFLUENCIA DE LA BROMELINA DE CÁSCARA DE PIÑA (*Ananas comisus*) EN EL PRETRATAMIENTO PARA INHIBIR EL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO EN EL DESHIDRATADO DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*).,” 2020.
- [21] L. Montealegre, Bautista, M. Bolaños Benavides, and V. Ramírez Valencia, “Crecimiento verde y agricultura climáticamente inteligente en el cultivo de plátano (*Musa AAB*),” pp. 247–259, 2021, doi: 10.19044/esj.2021.v17n37p247.
- [22] F. E. PONCE ÑAUPA, “INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE AJOS (*Allium sativum*) COMO PRE-TRATAMIENTO PARA INHIBIR EL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) PICADA,” 2022.
- [23] C. Serrate, “Alteraciones no microbianas en alimentos : el pardeamiento y el,” 2020.
- [24] M. Ing, A. Rosa, and M. Azañero, “IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CAMPOVIDA FOODS SRL EN CAJAMARCA 2022,” 2024.
- [25] D. V. Rodelo and M. J. M. Benavides, “Creación de una Empresa Dedicada a la Producción y Comercialización de Arepas de Plátano en el Municipio de Montelíbano, Córdoba,” *Block Caving – A Viable Altern.*, vol. 21, no. 1, pp. 1–165, 2021, [Online]. Available:
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027><https://www.golder.com/insights/block-caving-a-viable-alternative/>

- [26] C. A. R. Holguin, “Plan de internacionalización para el producto chips de plátano frito de la marca Tucán Chips fabricado por la empresa ASOPLAYBA,” pp. 1–119, 2023.
- [27] D. Cabrera and M. Almeida, “Proyecto de emprendimiento para la creación de una empresa dedicada a la producción, industrialización y comercialización de papa china,” 2022.
- [28] H. Henny, I. Andriana, A. N. Latifah, and H. Haryanto, “The Application Lean Six Sigma Method Approach to Minimize Waste,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 662, no. 2, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/662/2/022089.
- [29] A. Mittal, P. Gupta, V. Kumar, A. Al Owad, S. Mahlawat, and S. Singh, “The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company,” *Heliyon*, vol. 9, no. 3, p. e14625, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14625.
- [30] M. Á. Z. Covarrubias and M. A. C. D. Couder, “Aproximación a certificaciones de calidad para diversos tipos de organizaciones,” *Lat. Am. J. Dev.*, vol. 6, no. 1, pp. 373–388, 2024, doi: 10.46814/lajdv6n1-026.
- [31] J. F. Guerrero Citelly, “DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA LUISA POSTRES UTILIZANDO LA METODOLOGÍA SIX SIGMA Y EL CICLO DMAIC,” *Energy Sustain. Dev. Demand, Supply, Convers. Manag.*, pp. 1–14, 2020.
- [32] F. Ganga Contreras, A. C. Capurro, M. Angélica, P. Santana, and J. Q. Castillo, “El CONCEPTO DE EFICIENCIA ORGANIZATIVA: UNA APROXIMACIÓN A LO UNIVERSITARIO,” *Rev. Lider*, vol. 25, no. 55, pp. 126–150, 2014.
- [33] S. Arévalo, “Eficiencia en la ejecución de proyectos de inversión,” *Cienc. Lat. Rev. Científica Multidiscip.*, vol. 5, no. 2, pp. 1726–1739, 2021, doi: 10.37811/cl_rcm.v5i2.378.
- [34] D. B. MIRAMÓN, “THE PRODUCTIVITY,” pp. 1–30, 2019, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/290002989.pdf>
- [35] E. Guzmán Soria, M. T. De la Garza Carranza, Q. Atlatenco Ibarra, and A. Terrones Cordero, “La industria manufacturera en México: un análisis de su productividad y eficiencia, 1993-2020,” *Econ. Soc. y Territ.*, vol. 24, no. 74, pp. 1–21, 2024, doi: 10.22136/est20241927.
- [36] E. Rangel González and L. F. López Ornelas, “Inversión extranjera directa y

productividad laboral en la industria manufacturera regional,” *EconoQuantum*, pp. 20–52, 2022, doi: 10.18381/eq.v19i1.7252.

[37] P. Moreda, “Ingeniería de manufactura,” pp. 1–30, 2020.