



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL PROCESO DE UNA PLANTA DE MANUFACTURA
PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE CHIPS DE BANANO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial

AUTOR: JONATHAN PEDRO VICENTE CUEVA

TUTOR: AUGUSTO VINICIO COQUE PAUCARIMA

Quito – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jonathan Pedro Vicente Cueva con documento de identificación N°1723980098; manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a quien sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana puede usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 12 de Julio de 2024

Atentamente,



Jonathan Pedro Vicente Cueva
1723980098

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

Yo, Jonathan Pedro Vicente Cueva con documento N°1723980098; expreso mi voluntad y por medio del presente documento ceder a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del proyecto técnico: “Diseño y simulación del proceso de una planta de manufactura para optimizar la producción de chips de banano“, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando en la Universidad facultada para ejercer plenamente de los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 12 de Julio de 2024

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jonathan', enclosed within a large, hand-drawn oval scribble.

Jonathan Pedro Vicente Cueva
1723980098

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo Augusto Vinicio Coque Paucarima con documento de identificación N°1718688516, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi autoría fue desarrollado el trabajo de titulación DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL PROCESO DE UNA PLANTA DE MANUFACTURA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE CHIPS DE BANANO, realizado por Jonathan Pedro Vicente Cueva con documento de identificación N°1723980098, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por parte de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 12 de Julio de 2024

Atentamente,



Augusto Vinicio Coque Paucarima

1718688516

Índice de contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	i
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	ii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	x
Abstract	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Título	1
1.2. Problema de estudio.....	1
1.3. Justificación	2
1.4. Grupo objetivo	3
1.5. Objetivos.....	3
1.5.1. Objetivo general	3
1.5.2. Objetivos específicos.....	3
1.6. Metodología.....	4
1.6.1. Investigación	4
2. CAPÍTULO I.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Importancia del banano en el Ecuador	5
2.2. PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas)	5
2.3. VAN y TIR	7
2.3.1. VAN	8

2.3.2.	TIR	8
2.4.	Layout.....	9
2.4.1.	Distribución en planta por posición fija.....	10
2.4.2.	Distribución en planta por producto.....	10
2.4.3.	Distribución en planta funcional	11
2.4.4.	Distribución en planta híbridas	11
2.5.	Producción.....	11
2.5.1.	Clasificación según el nivel de producción.....	12
2.5.2.	Clasificación según tipo de producto	12
2.5.3.	Clasificación según la secuencia de fabricación	12
2.5.4.	Evolución histórica de la producción.....	12
2.5.5.	Gestión de la producción en la actualidad.....	13
2.6.	Capacidad de producción.....	13
2.6.1.	Capacidad teórica	14
2.6.2.	Capacidad disponible	14
2.7.	Lean manufacturing	15
2.7.1.	Las cinco S	17
2.7.2.	Just in Time (JIT) (Justo a Tiempo).....	18
2.7.3.	Jidoka (Automatización con un toque humano).....	18
2.7.4.	VSM	19
2.7.5.	Andón.....	19
2.8.	Simulación.....	20
2.8.1.	Ventajas y desventajas de la simulación	20
2.9.	Software de simulación	21
2.10.	Propuesta de solución	21
3.	Capítulo II	22

Estudio proceso productivo.....	22
3.1. VSM actual de línea de producción de chips de banano	22
3.2. Disposición de línea de producción.....	29
3.3. Proceso productivo de chips de banano aplicando herramientas Lean Manufacturing	
30	
3.3.1. Descascarado del banano	30
3.3.2. Remojo del banano.....	31
3.3.3. Cortado del banano.....	32
3.3.4. Fritado del banano	33
3.3.5. Escurrido del banano	34
3.3.6. Selección del banano	34
3.3.7. Sazonado	35
3.3.8. Empaquetado.....	36
3.4. Costos de maquinaria de la línea de producción	37
4. Capítulo III.....	39
Diseño y simulación de la planta de manufactura.....	39
4.1. Layout de la planta de planta de manufactura	39
4.2. Simulación	43
4.3. Optimización de la simulación aplicando Lean Manufacturing	45
4.4. Resultados de la simulación estado actual.....	46
4.5. Resultados de la simulación optimizado	50
4.6. Análisis VAN y TIR.....	53
Conclusiones y recomendaciones.....	60

Índice de tablas

Tabla 1. Exportaciones de banano en miles de toneladas	1
Tabla 2. Clasificación de las empresas en el CAN	5
Tabla 3. Evolución histórica de la gestión de la producción.....	13
Tabla 4. Planeación de la capacidad según el periodo de tiempo	13
Tabla 5. Ventajas y desventajas de acuerdo al uso de la simulación	20
Tabla 6. Tiempos promedio de procesamiento	23
Tabla 7. Cálculo del Tack Time de la línea de producción.....	23
Tabla 8. Cálculo de métricas para VSM actual.....	24
Tabla 9. Cálculo de la demanda	25
Tabla 10. Cálculo de la Lead time.....	25
Tabla 11. Cálculo de valor agregado.....	25
Tabla 12. Herramientas aplicar en cada etapa del proceso	26
Tabla 13. Detalle de las máquinas a utilizar en el proceso productivo	29
Tabla 14. Precios referenciales de las máquinas de la línea de producción.....	38
Tabla 15. Dimensiones del diseño en disposición de forma lineal	40
Tabla 16. Ventajas y desventajas según el tipo de Layout.....	42
Tabla 17. Tiempos medios de procesamientos y desviaciones estándar.....	45
Tabla 18. Inversión inicial.....	54
Tabla 19. Ingresos mensuales sin optimización	54
Tabla 20. Previsión de ventas sin optimización	55
Tabla 21. Gastos anuales	55
Tabla 22. Flujo de caja sin optimización.....	56
Tabla 23. TIR y VAN sin optimización	57
Tabla 24. Ingresos mensuales con optimización	58
Tabla 25. Previsión de ventas con optimización	58
Tabla 26. Flujo de caja con optimización	59
Tabla 27. TIR y VAN con optimización	59

Índice de figuras

Figura 1. Dinámica empresarial según tamaño de empresa	6
Figura 2. Dinámica empresarial según sector económico.....	7
Figura 3. Modelo de distribución por flujo de producto	11
Figura 4. Clasificación de la producción.....	12
Figura 5. Casa Lean Manufacturing	15
Figura 6. Mapa conceptual Lean Manufacturing	16
Figura 7. Metodología cinco S	17
Figura 8. Evolución Jidoka.....	19
Figura 9. Andón.....	19
Figura 10. Diagrama de Flujo del proceso productivo de chips de banano	22
Figura 11. VSM actual del proceso productivo.....	27
Figura 12. Distribución de planta en disposición U	30
Figura 13. Descascarado del banano de forma estándar	31
Figura 14. Remojo del banano	32
Figura 15. Máquina cortadora de banano	32
Figura 16. Máquina freidora de banano	33
Figura 17. Máquina des engrasadora de chips de banana	34
Figura 18. Escogido de chips de banano (producto Apto)	35
Figura 19. Máquina mezcladora continua de condimentos.....	36
Figura 20. Empaquetadora automática de chips de banano	37
Figura 21 Diseño de forma Lineal.....	40
Figura 22. Diseño en forma de L de la línea de producción	42
Figura 23. Flujograma del proceso de simulación	43
Figura 24. Plano de la simulación	44
Figura 25. Plano de la simulación optimizada	46
Figura 26. Porcentaje de utilización por operador	47
Figura 27. Contenido vs tiempo 9:00 am	47
Figura 28. Estado de la simulación 12:00 am	48
Figura 29. Contenido vs tiempo 16:00 pm.....	49
Figura 30. Salidas por hora	49
Figura 31. Salidas de producto.....	49

Figura 32. Porcentaje de utilización por operador optimizado	50
Figura 33. Contenido vs tiempo 9:00 am optimizado	51
Figura 34. Estado de la simulación 12:00 am optimizado	51
Figura 35. Contenido vs tiempo 13:20 pm optimizado	52
Figura 36. Salidas por hora optimizada.....	52
Figura 37. Salidas de producto optimizada	53

Resumen

El Ecuador es un importante productor de banano y el mayor exportador a nivel mundial presentando un crecimiento importante de 7,03% en el periodo del 2023, de igual manera la producción de chips de banano está en crecimiento llegando a exportaciones por más \$67 millones. Otro aspecto importante a tomar en cuenta dentro del Ecuador es el crecimiento de las PYMES (pequeñas y medianas empresas), especialmente las enfocadas en la manufactura, estos antecedentes dan un gran panorama del amplio campo estudio enfocado al banano específicamente a la producción de chips de banano, al ser las empresas manufactures de mediano y pequeño tamaño, las encargadas de la producción de chips, el diseño de las plantas no son los correctos ni los más óptimos, mientras que sus procesos en una gran parte son procesos artesanales, de poca o nula tecnología sin controles ni estándares.

El diseño de una planta de manufactura tiene como objetivo encontrar la mejor disposición, para garantizar el flujo de materiales, y de igual manera evitar traslados innecesarios de los operadores.

La simulación nos permite evaluar posibles escenarios de un proceso productivo, que mediante diferentes herramientas Lean Manufacturing, se pueden optimizar cada uno de los procesos, con el fin de maximizar la producción.

Mediante un análisis financiero lograremos evidenciar, el caso de inversión de maquinaria tecnológica y en qué tiempo recuperaremos dicha inversión, que permita reducir tiempos de procesamiento de ciertos procesos y en otros casos unificar dos procesos en uno.

Palabras Clave: Diseño, Lean Manufacturing, optimización, simulación.

Abstract

Ecuador is an important producer of bananas and the world's largest exporter, showing significant growth of 7.03% in 2023. Similarly, the production of banana chips is also growing, with exports exceeding \$67 million. Another important aspect to consider within Ecuador is the growth of SMEs (small and medium-sized enterprises), especially those focused on manufacturing. These backgrounds provide a great overview of the extensive field of study focused on bananas, specifically the production of banana chips. Since the manufacturing companies who are responsible for the production of chips are of medium and small size, their plant designs are neither correct nor optimal, while their processes are largely artisanal, with little or no technology, and lack of controls and standards.

The design of a manufacturing plant aims to find the best layout to ensure the flow of materials and similarly to avoid unnecessary movements of operators.

Simulation allows us to evaluate possible scenarios of a production process, which through different Lean Manufacturing tools, can optimize each of the processes in order to maximize production.

Through financial analysis, we will be able to demonstrate the case for investment in technological machinery, and in what time we will recover such investment, which will reduce processing times for certain processes and, in other cases, unify two processes into one.

Keywords: Desing, Lean Manufacturing, optimization, simulation.

INTRODUCCIÓN

1.1. Título

Diseño y simulación del proceso de una planta de manufactura para optimizar la producción de chips de banano.

1.2. Problema de estudio

Ecuador es uno de los principales países productores de banano y el mayor exportador a nivel mundial con 6216 miles de toneladas en 2023 [1]. Sin embargo, el número de productores nacionales han tenido decadencia a partir del año 2021, debido al incremento en el costo de insumos para la producción, mano de obra y caída en el precio del producto a nivel mundial, los últimos meses de 2022 se produjo una mejora en los costos de insumos, lo que ocasionó que la producción ecuatoriana de banano se recupere y alcance los primeros lugares dentro del ranking de países exportadores de este producto.

El período comprendido entre enero-noviembre 2023, el sector bananero nacional acumuló exportaciones de 326,09 millones de cajas, lo cual, representa un crecimiento del 7,03% en relación a lo exportado en el mismo período del 2022 [2]. En este sentido, se ratifica la importancia del banano en la economía y desarrollo productivo ecuatoriano a lo largo de los años. La Tabla 1, indica las exportaciones de banano a nivel mundial.

Tabla 1. Exportaciones de banano en miles de toneladas [3]

País	2016-2020	2021	2022
América del Sur	8.831	9.412	8.758
Bolivia	123	115	139
Brasil	66	107	89
Colombia	1.881	2.103	2.125
Ecuador	6.452	6.813	6.216
Perú	214	211	173
Surinam	46	5	1

Por otro lado, la industria dedicada a la producción de chips de banano se encuentra en crecimiento y diversificación en los últimos años, como lo indica Villón [4] las exportaciones de este tipo de snacks llegaron a \$67 millones en 2020, las empresas dedicadas a la producción de chips de banano encontraron su oportunidad de negocio, tras su fracaso como productores de banano, lo cual, los obligó a darle un valor agregado al producto para poder comercializarlo, actualmente existen más de quince marcas en el mercado, las cuales han establecido vínculos en Holanda y Reino Unido para dar paso a la exportación de este snack, alcanzando las 28.000 toneladas en el año 2020.

El panorama en el mercado local es similar, de acuerdo con Alvarado [5] la preferencia del consumidor hacia productos orgánicos ha convertido a los chips de banano en un snack de gran acogida en el mercado, el crecimiento de la industria es acelerado, el producto se comercializa dentro y fuera del país, posicionándose como una oportunidad de negocio con gran rentabilidad y proyección a futuro.

Al indagar sobre el proceso de producción que usan las empresas, se deduce que la elaboración de los chips de banano es artesanal, por lo cual, el valor agregado es relativamente bajo, siendo evidente la necesidad de agregar valor al producto mediante la industrialización con el fin de generar procesos óptimos que se traduzcan en ahorro de costos e incremento de recursos en la empresa.

1.3. Justificación

La presente investigación contribuye al avance del conocimiento en el campo de la ingeniería de alimentos, ofreciendo soluciones innovadoras con la tecnología adecuada y sustentable para la industria alimentaria con la finalidad de incrementar la producción, considerando la disposición del espacio, selección de equipos y maquinaria, gestión de flujos y optimización de recursos y procesos mediante la industrialización.

Es importante resaltar que el diseño de plantas industriales tiene como objetivo la producción de bienes o servicios de forma eficiente [6]. La eficiencia hace referencia a la maximización de

producción con procesos establecidos que permitan la mejora continua y reducción de costos de producción, los cuales son factores fundamentales para la empresa.

De esta manera, el presente estudio presenta una alternativa para aquellas empresas dedicadas a la elaboración de chips de banano de forma artesanal, para que tengan una opción de industrialización y sean beneficiarios directos de la propuesta que se genera en la investigación. El estudio es viable y factible de realizar ya que se cuenta con la información y recursos necesarios para el diseño y simulación del proceso de una planta de manufactura de chips de banano.

1.4. Grupo objetivo

Este estudio tiene como objetivo proporcionar información a las empresas manufactureras de chips de banano interesadas en mejorar la eficiencia de sus procesos de producción, en alimentos y profesionales del sector interesados en aplicar técnicas de simulación y optimización en la producción.

Pequeñas y medianas industrias PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) dedicadas a la elaboración de productos vegetales de manera artesanal interesados en industrializarse

1.5. Objetivos

1.5.1. *Objetivo general*

Elaborar el diseño y simulación del proceso de una planta de manufactura para optimizar la producción de chips de banano.

1.5.2. *Objetivos específicos*

- Recopilar información mediante la revisión de artículos académicos y publicaciones, mediante la indagación de líneas de producción, para conocer los antecedentes y la situación actual del proyecto a desarrollar.

- Diseñar la distribución de los equipos de una planta de elaboración de productos vegetales, mediante un análisis TIR y VAN, para encontrar la eficacia del proceso productivo.
- Realizar la simulación de una planta de chips de banano, utilizando un software de simulación, para evaluar el comportamiento del proceso productivo
- Optimizar el proceso productivo mediante la simulación de eventos discretos, utilizando herramientas Lean Manufacturing, para mitigar los puntos críticos del proceso y maximizar la producción.

1.6. Metodología

1.6.1. Investigación

Este proceso consiste en la búsqueda de información, mediante artículos científicos, libros, publicaciones, para conocer los antecedentes que dan la premisa para desarrollar el siguiente proyecto

En la investigación se podrá determinar las problemáticas y oportunidades de mejorar que han presentado otros proyectos, de igual manera la investigación brinda un amplio panorama de las posibles soluciones y herramientas aplicar, con el objetivo de minimizar los despilfarros y maximizar la producción.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia del banano en el Ecuador

Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [7], la producción bananera en América Latina y el Caribe es uno de los cultivos más lucrativos y extensos. Además, constituye el principal generador de ingresos por exportación agrícola en Ecuador [8]

Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [7], la producción bananera a nivel mundial ha experimentado un crecimiento exponencial. Las exportaciones alcanzaron 20,2 millones de toneladas hasta el año 2019. Este aumento se debe principalmente al crecimiento de la producción bananera en Ecuador que es el mayor exportador de banano a nivel global. Se estima que para el año 2028, la proyección será de 135 millones de toneladas. [8]

2.2. PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas)

Existen varios criterios en las empresas para su clasificación de acuerdo a su tamaño entre los cuales se puede tomar en cuenta la economía y el número de trabajadores. En Ecuador la clasificación de empresas está dada por la CAN (Comunidad Andina de Naciones). Como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de las empresas en el CAN [7]

Tipo de empresa	No de trabajadores	Ingresos
Micro empresas	De 1 a 9	Hasta \$10 000
Pequeñas empresas	De 10 a 49	De \$10 001 a \$100 000
Medianas empresas	De 50 a 199	De \$100 001 a \$500 000
Grandes empresas	Más de 200	Más de \$500 001

Las PYMES tienen una gran oportunidad de innovación al ser más pequeñas y ser cambiantes en entornos inciertos, otra de las oportunidades que tiene las PYMES es especializarse para

atender un nicho de mercado en específico. Por otro lado, también las PYMES se enfrentan a ciertos retos como lo son, la falta de inversión tecnológica, esto repercute directamente en la productividad. [8]

El número de empresas activas entre 2021 y 2022 aumento 356553 empresas más, que representa 40,9%, las PYMES en particular también representaron un crecimiento de 0,7% en las pequeñas empresas, 7,7% mediana empresa tipo A y 6,7% mediana empresa tipo B, las cuales conforman el segmento del caso en estudio. [9]. Es fundamental resaltar que la mediana empresa tipo A cuenta con 50-99 trabajadores y ventas ordinarias de entre \$1.000.001-\$2.000.000, mientras que, la mediana empresa tipo B cuenta con 100 y 199 colaboradores y ventas ordinarias por \$2.000.001-\$5.000.000. La Figura 1 indica la variación señalada.

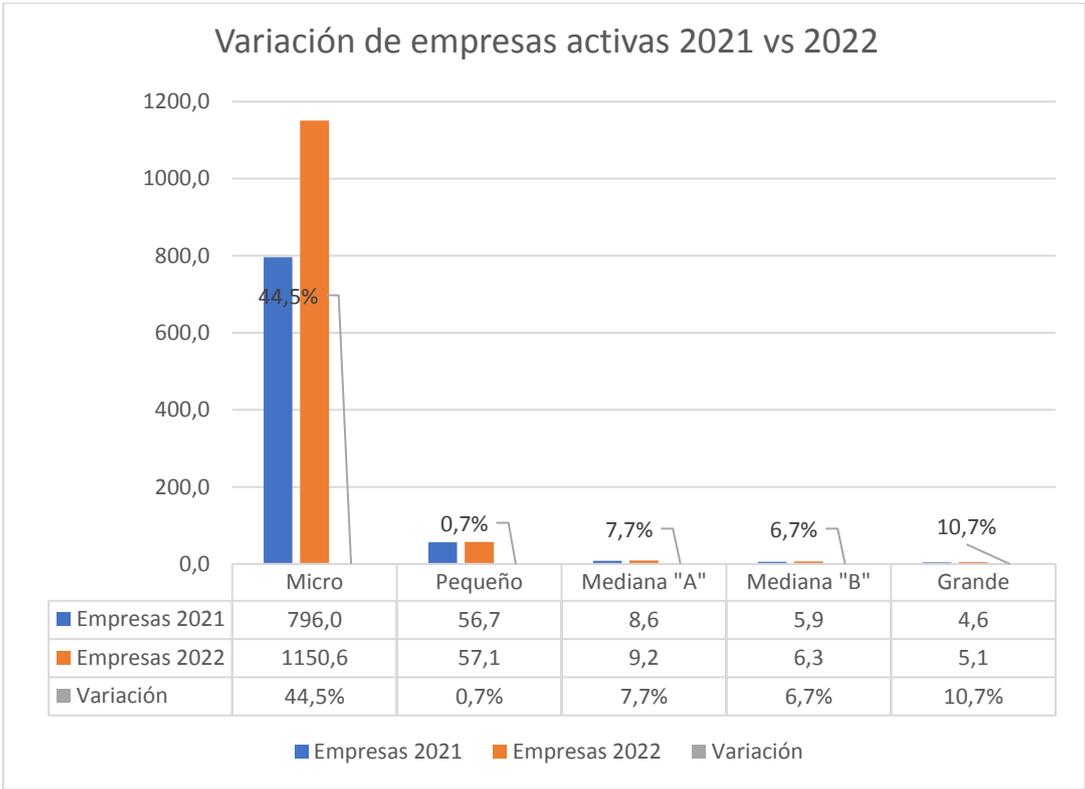


Figura 1. Dinámica empresarial según tamaño de empresa [9]

En este ámbito de igual manera en el 2022 el sector de la manufactura tuvo un crecimiento del 55%. Como se observa en la Figura 2



Figura 2. Dinámica empresarial según sector económico [9]

Como se puede observar durante los años pasados se ha visto un crecimiento en las PYMES, de las empresas pequeñas y las empresas medianas tipo A y B. Por sector económico la manufactura fue el de mayor crecimiento con un 55%, generando el interés de las PYMES interesadas en aplicar nuevas tecnologías, para industrializar los procesos y por ende el crecimiento de sus estructuras empresariales.

2.3. VAN y TIR

Con el objetivo de evaluar la viabilidad financiera del proyecto, en esta etapa de la metodología se emplea los indicadores clave: el Valor Presente Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). [10]

En el estudio realizado por Calamani [11] al estandarizar los procesos disminuyendo los tiempos innecesarios complementando por un plan de requerimiento para contribuir con un mejor flujo de producto, mejorando su productividad haciendo que la propuesta sea factible, obteniendo un VAN de 66070,27 y un TIR de 60,80%.

2.3.1. VAN

El Valor Actual Neto (VAN) se define como el valor presente de los flujos de caja netos generados por un proyecto, menos la inversión inicial realizada. En términos más simples, representa la diferencia entre el valor presente de los ingresos futuros del proyecto y el costo inicial de su implementación. [10], su fórmula es:

Ecuación 1. Formula del VAN

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + K)^t} - I_0$$

Donde:

- VAN= Valor Actual Neto
- V_t = Representa los flujos de caja en cada periodo de tiempo
- I_0 = Valor del desembolso inicial de la inversión
- n = Es el número de periodos considerados
- k = Es el tipo de interés

De lo siguiente se debe resaltar que el resultado del VAN nos proporciona 3 escenarios diferentes que nos dan una idea clara de la rentabilidad del proyecto a desarrollar.

- $VAN > 0$; el proyecto es rentable
- $VAN < 0$; el proyecto no es rentable
- $VAN = 0$; el proyecto no genera pérdidas ni ganancias, sin embargo, queda a criterio de un análisis más profundo.

2.3.2. TIR

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se define como la tasa de descuento que hace que el Valor Presente Neto (VAN) del proyecto sea igual a cero. En otras palabras, es la tasa que iguala el valor presente de los flujos de caja netos del proyecto con la inversión inicial realizada.

Ecuación 2. Formula del TIR

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + K)^t} - I_0 = 0$$

Para la interpretación del resultado del TIR, se debe tener en cuenta la definición de un término más, como lo es la tasa mínima de rendimiento (TMAR).

El TMAR es el riesgo de inversión, lo fija el inversionista con el análisis de riesgo que realiza acerca de la inversión, dependiendo el sector económico, el análisis de riesgo puede ser cualitativo, lo que quiere decir que es basado en la experiencia, de igual manera es realizado de manera cuantitativa. [12]

Entonces se tiene la siguiente interpretación para el resultado del TIR

- Si $TIR \geq TMAR$; aceptar invertir en el proyecto continuo
- SI $TIR < TMAR$; rechazar invertir el proyecto es detenido

Con el objetivo establecer la industrialización de los procesos productivos de empresa PYMES dedicadas a la elaboración de chips de banano, pueda convertirse en una opción rentable, se emplearán indicadores financieros como el VAN y TIR. Estos indicadores permitirán mostrar el tiempo necesario para recuperar la inversión y el porcentaje de retorno sobre la inversión realizada.

2.4. Layout

Diria [13] afirma que la ubicación de las instalaciones dentro del área de la planta, a menudo referida como el ‘problema de diseño de las instalaciones’, tiene un impacto considerable en los costos de producción, el flujo de trabajo, los plazos de entrega y la eficiencia general. Una ubicación adecuada de las instalaciones es fundamental para optimizar las operaciones.

El Layout (distribución de planta) Define la ubicación de todos los recursos dentro de una planta manufacturera y su distribución dentro de la misma, con la finalidad de no interrumpir el flujo continuo de materiales, directamente asociado al movimiento de materiales, personas e información [14].

El análisis de diseño de planta está acompañado del flujo de materiales, tiempos de procesamientos, relaciones entre los disantos departamentos, la planificación del diseño es

ampliamente utilizado para diversas pequeñas y medianas empresas [15]. Además, también facilita la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing [16]

La distribución de planta está basada principalmente en el tipo de sistema productivo específicamente en la variedad y los requerimientos de producción, para esto es fundamental conocer la ruta a seguir de los productos. Siguiendo la idea de distribución existen 4 tipos de distribución. [14]

2.4.1. Distribución en planta por posición fija

Este tipo de distribución es funcional para para productos de bajo volumen de producción y gran variedad, en este modelo el producto en transformación se mantiene inmóvil, mientras que los demás recursos como personal, maquinaria y materiales se acercan o se alejan para realizar los diferentes tipos de procesos [14]

El modelo de posición fija tiene como requerimiento definir las entradas y salida del producto en transformación, mediante el establecimiento de una la secuencia óptima para la salida de los recursos y a su vez la entrada a la siguiente etapa [14]

2.4.2. Distribución en planta por producto

La distribución en planta por producto está definida para los procesos en los cuales la disposición esta echa de tal manera que el producto sigue una ruta conocida, este modelo sirve para volúmenes de producción altos con variedad baja de productos. [14]

Esta distribución se ocupa cuando la producción es de forma secuencial y repetitiva, la disposición esta echa de forma que al colocar una maquina este junto a otra a lo largo de la línea de producción, el producto recorre cada uno de los procesos de transformación, este tipo de trabajo permite elegir entre varias disposiciones las cuales son en I, L, U, O, E y S [14] . Como se observa en la Figura 3

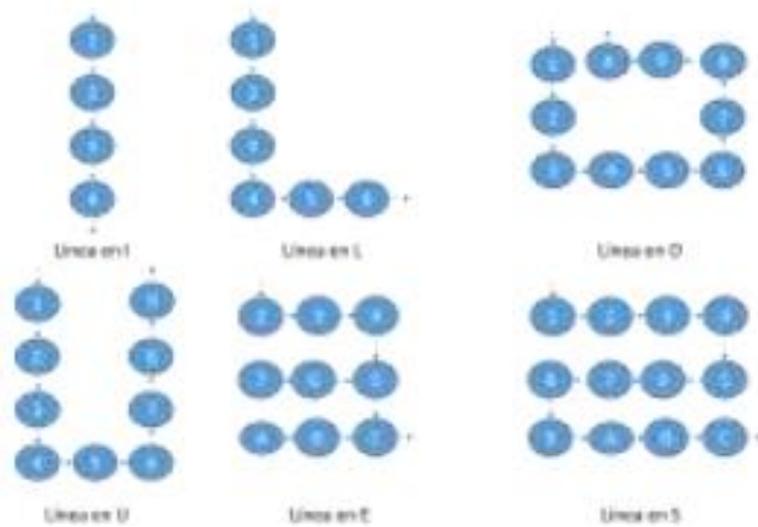


Figura 3. Modelo de distribución por flujo de producto [14]

2.4.3. Distribución en planta funcional

La distribución en planta funcional está enfocada para que los recursos se dispongan según los procesos, para este modelo el producto pasa de un área hacia otra, este modelo es ocupado para volúmenes de producción medios y productos similares que ocupan los mismos recursos [14].

2.4.4. Distribución en planta híbridas

La siguiente distribución es una variable de los anteriores modelos, y se denominan células, existen 4 tipos de distribución en planta celular: Fabricas Enfocadas, Células de Fabricación, Células de fabricación Flexible y Células de montaje. En Lean Manufacturing es utilizado especialmente las células en U, que consiste en líneas de producción cortas que se cierran sobre si mismas flexibilizando los volúmenes de producción [14]

2.5. Producción

Es la actividad económica que genera un valor agregado a los consumidores y se clasifica. Como se muestra la siguiente Figura 4

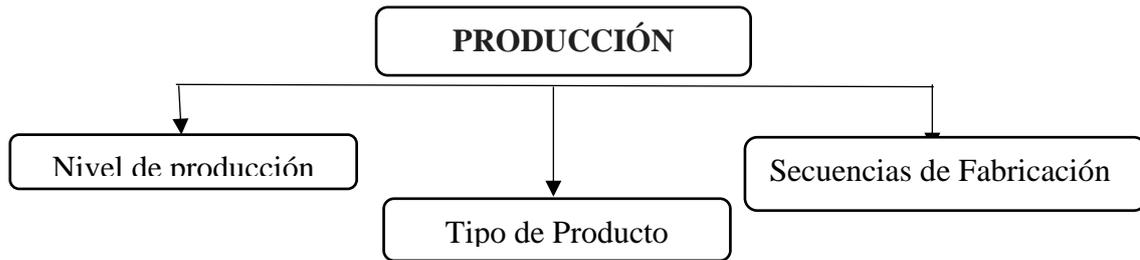


Figura 4. Clasificación de la producción

2.5.1. Clasificación según el nivel de producción

Este nivel su vez su subdivide en nivel continuo e intermitente. El primero hace referencia a producción continua y de carácter masivo también llamado Flow shop. El segundo nivel carece de continuidad su principal característica por contar con componentes de procesos poli funcionales, este nivel también conocido como Job shop que se aplica para volúmenes bajos de producción [17]

2.5.2. Clasificación según tipo de producto

En esta clasificación tiene dos categorías: sistemas de producción simple y múltiples. La producción simple únicamente elabora un producto y está enfocado en la transformación de materia prima. La producción múltiple consiste en la fabricación de productos diversos independientes con factores comunes [17].

2.5.3. Clasificación según la secuencia de fabricación

Se subclasifica según las etapas y puede ser mono-etapa, bi-etapa y multi-etapa, todos estos modelos se basan en la transformación del producto por flujos de operaciones [17].

2.5.4. Evolución histórica de la producción

El proceso de producción ha sufrido cambios con el pasar del tiempo y se ha ido adaptando según las necesidades que requieren los diferentes giros de negocio, así mismo ha ido

evolucionando de la mano de la tecnología, haciendo procesos productivos más eficientes y eficaces con el fin de optimizar todo tipo de recursos. Como se muestra la Tabla 3

Tabla 3. Evolución histórica de la gestión de la producción [17]

Clases de producción	Características	Período histórico
Producción Artesanal	Bajos niveles de producción	Antes de la revolución
	Producción sin estandarización	Industrial
Producción en serie	Línea de ensamble	1700-1970
	Producción masiva	
	Enfoque en la disminución de costos	
Producción flexible	Enfoque en la calidad	1970-2000
	Mejora continua	
	Eliminación de los desperdicios	
Teoría de las restricciones	Identificaciones de los cuellos de botella	1980
	Incrementar la utilidad de la organización	

2.5.5. Gestión de la producción en la actualidad

En la actualidad y la globalización del mundo se popularizado la producción personalizada, además la implementación del comercio electrónico, haciendo un cambio dentro las empresas manufactureras, las cuales se han adaptado a la utilización de herramientas Lean Manufacturing, todo esto don el fin de eliminar desperdicios, optimizar sus procesos, para ser competitivas a nivel de calidad y costos.

2.6. Capacidad de producción

La capacidad de producción está definida como la cantidad de que puede producir una empresa de manufactura en un determinado tiempo, la planeación de la capacidad está dada por tres formas. Como se observa en la siguiente Tabla 4

Tabla 4. Planeación de la capacidad según el periodo de tiempo [17]

Tiempo	Característica
Largo plazo (Más de 1 año)	Ubicar el lugar donde se construirán las instalaciones

Tiempo	Característica
Mediano plazo (de 3 a 12 meses)	Subcontratación, el almacenaje de productos, contratar operarios, aumentar o disminuir los turnos
Corto plazo (Máximo de 3 meses)	Se limita a la programación de órdenes de trabajo

2.6.1. Capacidad teórica

Está definida como el máximo nivel productivo que tiene una empresa de manufactura sin presentar ningún tipo de pérdida de tiempo, y utilizando todos sus recursos físicos, sin embargo, en la vida real esto es prácticamente imposible, debido a que siempre se presentan tiempos de paros debido a diferentes temas de la producción misma

2.6.1.1. Capacidad instalada. Es la capacidad disponible, tomando en cuenta las horas de paros debido a mantenimientos preventivos programados para estaciones de trabajo y maquinaria, se utiliza la siguiente fórmula

Ecuación 3. Fórmula Capacidad instalada

$$\text{Capacidad instalada} = (365 * 24 \text{ horas} * \text{numero de maquinas}) - G1$$

Donde:

G1: Número de horas perdidas debido a la planificación programada para el mantenimiento de la maquinaria

2.6.2. Capacidad disponible

Es la capacidad menor a la capacidad instalada y está dada en función a las condiciones de trabajo de la organización, esta capacidad toma en cuenta los días hábiles, el número de turnos, la duración y las horas calculadas de pérdida por ausentismo, su fórmula está detallada a continuación.

Ecuación 4. Formula Capacidad disponible

$$\text{Capacidad disponible} = (Nm * Dh * Nt * Dt) - (G1 + G2 + G3 + G4)$$

Donde:

- Nm: Numero de maquinas
- Dh: Días hábiles que se trabajan en el periodo
- Dt: Duración en horas del turno
- G1: Horas de mantenimiento preventivo
- G2: Ausentismo en horas por periodo
- G3: Factores externos a la producción (reuniones, capacitaciones)
- G4: factores de mayor fuerza (Manifestaciones, inundaciones)

2.7. Lean manufacturing

El Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta), es una metodología que busca maximizar la calidad, minimizar costos, mediante el uso de las herramientas que componen esta metodología, así mismo busca evitar tener desperdicios dentro de los procesos. Como se observa en la Figura 5-6.

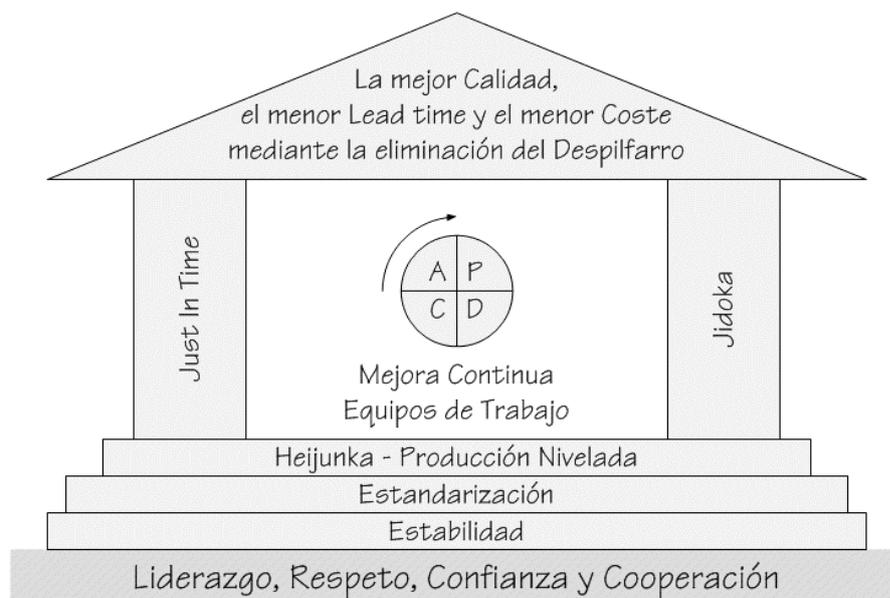


Figura 5. Casa Lean Manufacturing [18]

LEAN MANUFACTURING

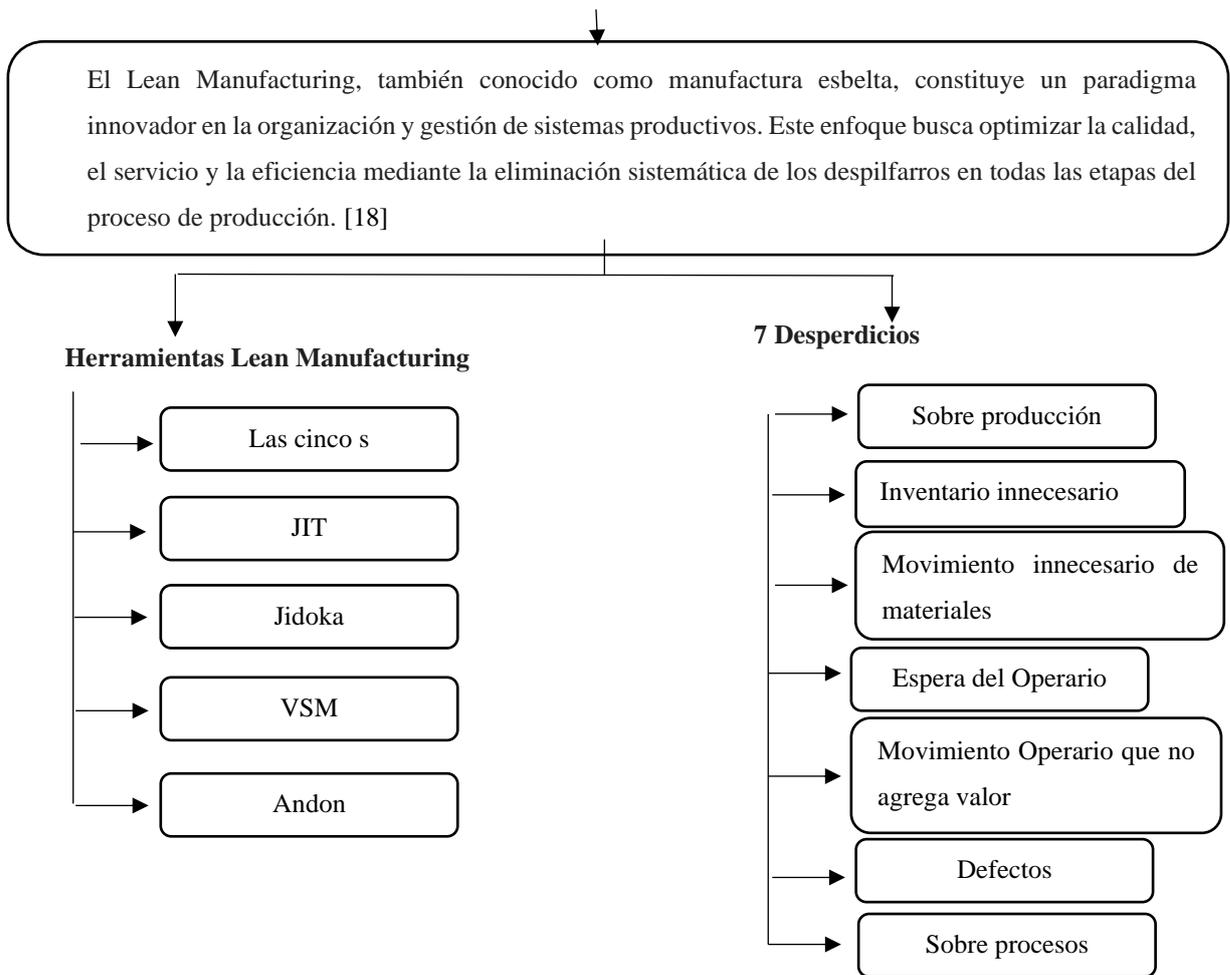


Figura 6. Mapa conceptual Lean Manufacturing

Según Madariaga [18], existe 7 desperdicios los cuales son:

- Sobreproducción: producir más de lo necesario, generando exceso de inventario, movimientos innecesarios de material y mano de obra.
- Inventario innecesario: esto implica materias primas, material en proceso y producto terminado.
- Movimientos innecesarios de materiales: es causado por un layout deficiente.
- Espera del operario: el operario espera por distintas razones como que la maquina termine su ciclo, espera por materiales, arreglo o mantenimiento de la maquinaria.
- Movimiento de operarios que no generan valor: movimiento de operarios que no modifican la forma y estado del producto.
- Defectos: representan un desperdicio de material

- Sobre procesos: procesos innecesarios que no añaden valor, esto se debe a procesos mal estructurados.

2.7.1. Las cinco S

Uno de los cimientos del Lean Manufacturing es la estabilidad de los procesos, esto con el fin de eliminar los despilfarros. Las cinco S provienen de 5 palabras japonesas, que buscan mejorar las condiciones de trabajo. Reduciendo el tiempo de cambio y su variación minimizando el desplazamiento. Además de reducir el tiempo de ciclo del operario, disponiendo de herramientas necesarias para la realización del proceso.

- **Separar (seiri):** Consiste en clasificar y separar lo necesario de lo innecesario, dejando únicamente dentro del puesto de trabajo lo necesario
- **Ordenar (seiton):** Tiene como objetivo identificar los elementos necesarios y a su vez definir una ubicación determinada.
- **Limpiar (seiso):** Elimina la suciedad e implementa un proceso de limpieza, para evitar averías.
- **Control visual (seiketsu):** Define procesos mediante la estandarización, delimitando rangos de funcionamiento, máximos y mínimos.
- **Disciplina (shitsuke):** Está determinado por mantener los estándares establecidos, esto mediante la evaluación constante del cumplimiento de todos los puntos anteriores.

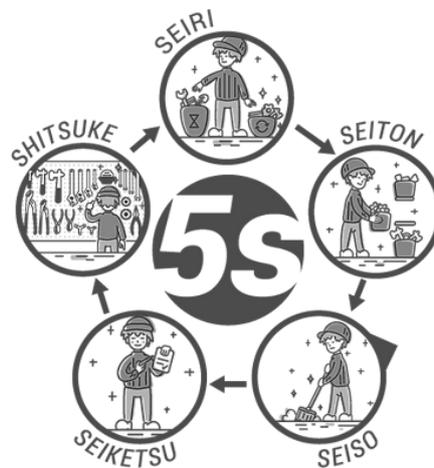


Figura 7. Metodología cinco S

2.7.2. *Just in Time (JIT) (Justo a Tiempo)*

El "just in time" (JIT), también conocido como producción justo a tiempo, es un principio fundamental del Lean Manufacturing que busca optimizar la cadena de suministro mediante la fabricación de productos en la cantidad exacta requerida, en el momento preciso en que se necesitan, utilizando la mínima cantidad de recursos y equipos.

Como parte del JIT, se tiene el flujo continuo mediante células en U, para producir a un ritmo lo más próximo posible al TCP (tiempo de ciclo planificado), reduciendo las paradas por avería y tiempos de cambio [18], y tiene como principales características las siguientes:

- El layout minimiza distancia de retorno de operadores.
- Una célula en U, puede ser la combinación maquinas puestos manuales, semi automáticos y automáticos.
- Una célula diseñada correctamente puede modificar la cantidad de operadores según la demanda

2.7.3. *Jidoka (Automatización con un toque humano)*

Es el segundo pilar de Lean Manufacturing, consiste en sustituir el trabajo manual por el trabajo autónomo de máquinas, siendo este la sustitución parcial o completa del trabajo manual [18]. Esta herramienta facilita la visibilidad de los defectos en el producto y permite tener un grado mayor de calidad, sin embargo, necesita la supervisión para evitar anomalías en el proceso

En el caso de transitar desde un sistema tradicional basado en procesos manuales hacia la implementación de metodologías Lean Manufacturing, la adopción del principio Just in Time (JIT) conlleva una reducción significativa del inventario, mientras que la aplicación del concepto Jidoka permite disminuir el Contenido Total de Trabajo (CTT).

Dadas estas herramientas de Lean Manufacturing al aplicarlas en el proyecto a desarrollar, se tiene como premisa el diseño de la planta de producción de manera que no se interrumpa el flujo de materiales, también al automatizar y estandarizar los procesos maximizar la producción.

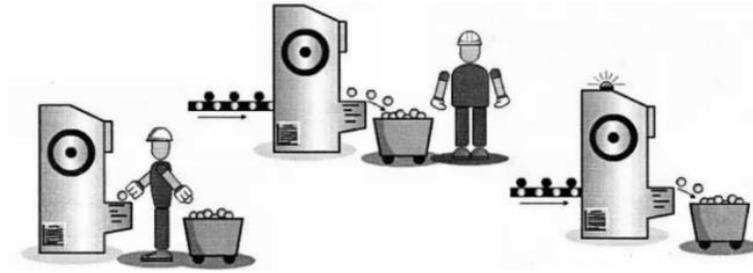


Figura 8. Evolución Jidoka [19]

2.7.4. VSM

El VSM (*Value Stream Mapping*) contiene tanto las actividades que agregan valor como las que no agregan valor, desde la llegada de la materia primas hasta la entrega al consumidor final. Los beneficios que entrega esta herramienta son la de visualizar el nivel de proceso de producción, de la misma manera mapea las fuentes de desperdicio en el proceso. [20].

2.7.5. Andón

Es una herramienta visual que muestra el estado actual del proceso, Andón es un tablero ubicado en la parte superior del proceso que muestra información del proceso esta puede ser visual y cada tipo de luz indica una diferente situación del proceso, también puede estar acompañada de una alarma [20]. De igual forma indica acciones que deben realizarse como mantenimiento o cambio de secuencia [19]

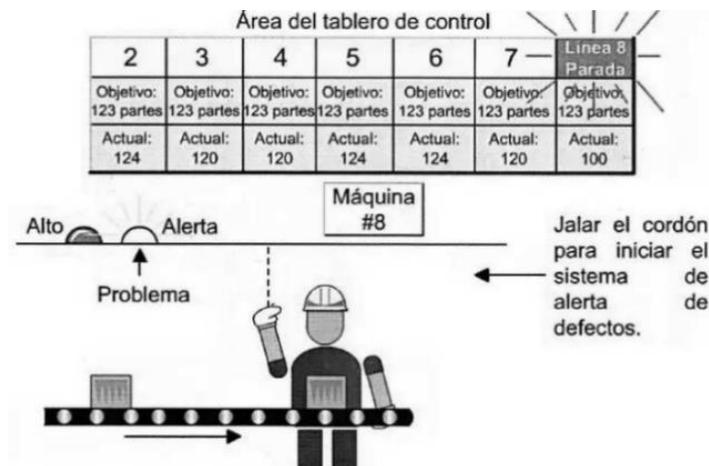


Figura 9. Andón [19]

2.8. Simulación

La simulación es una representación de un modelo cercano a la realidad, así mismo como la elaboración de posibles escenarios que ayudan a tener una mejor visión del proceso, estos escenarios son creados a partir de variaciones en los valores de los distintos procesos, para luego verificar los resultados y su impacto en todo el proceso. [21].

Sus características principales son:

- Por ser de variable discreta son funcionales en procesos de manufactura
- Los resultados de simulación pueden ser observados en tiempo real de manera gráfica o tabular
- La parte estadística incluye intervalos de confianza para comparar resultados

2.8.1. Ventajas y desventajas de la simulación

Las ventajas y desventajas sobre la simulación de procesos son diversas y dan un panorama claro de en qué casos puntuales es factible y viable utilizar simulaciones, dentro de las cuales se tiene los siguientes puntos más importantes como se muestra la Tabla 5.

Tabla 5. Ventajas y desventajas de acuerdo al uso de la simulación [21]

Ventajas	Desventajas
Evalúa todos los aspectos para la toma de decisiones, verificando el impacto antes de implementar en el proceso	Al ser un modelo cercano a la realidad, puede no generar una solución recomendada a los diferentes problemas
Da opciones de nuevos procedimientos sin interrumpir la operación del proceso	La persona encargada de la simulación tiene que generar todas las condiciones y restricciones que se acerquen al proceso real
Diagnostica problemas actuales dentro del proceso	Al ser un proceso repetitivo puede generar varias soluciones ilógicas.
Identifica puntos críticos dentro del proceso	
Los costos son bajos en comparación a la implementación de cambios	

2.9. Software de simulación

En la actualidad existen programas de computación que permiten realizar procesos de simulación complejos, que por métodos tradicionales resultaría demasiado complicado, las simulaciones permiten repetir las veces que sea necesario, lo cual permite tener un número importante de observaciones, así mismo una gran cantidad de resultados que mediante la estadística se podrá tener una conclusión del funcionamiento del proceso.

Los programas informáticos de simulación de procesos, resultan ser de uso sencillo, en algunos casos nos presentan simulaciones en 3D, lo que facilita un más su comprensión y entendimiento del proceso en desarrollo. Finalmente, la simulación dependerá de los recursos a invertir

2.10. Propuesta de solución

Con el fin de generar un valor agregado, además de poder industrializar pequeños emprendimientos productivos llevados a cabo de manera artesanal o con falta de procesos claros debió a la distribución de su maquinaria, se propone ofrecer un modelo de solución mediante el diseño y simulación del proceso de una planta de manufactura de chips de banano, esto dará una clara idea del beneficio de industrializar PYMES, diseñando de la manera más eficaz la distribución de la planta de producción, optimizando recursos, mejorando los tiempos del proceso y maximizando la producción aplicando herramientas lean Manufacturing.

Capítulo II

Estudio proceso productivo

3.1. VSM actual de línea de producción de chips de banano

El proceso productivo para la producción de chips de banano consta de 9 procesos y 2 traslados de material bien definidos, mediante los cuales la materia prima va sufriendo cambios durante todas las etapas del proceso, hasta obtener el producto final listo para comercializarse, los procesos productivos son los siguientes:

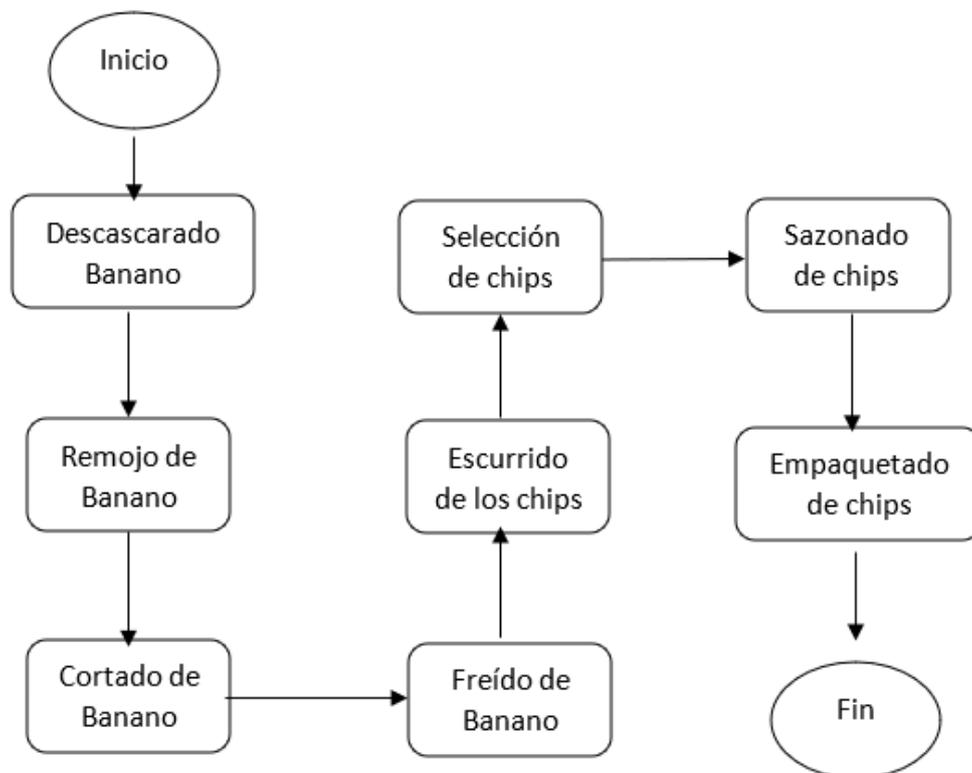


Figura 10. Diagrama de Flujo del proceso productivo de chips de banano

Los tiempos de procesamiento promedio de cada uno de los procesos productivos y los traslados del material semielaborado, de toda la línea de producción se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Tiempos promedio de procesamiento

Etapa	Promedio (Minutos)
Pelado	120,0
Remojo	20,0
Cortado	120,0
Traslado 1	10,2
Freído	239,7
Escurrido	240,0
Selección	90,0
Sazonado	10,0
Traslado 2	10,0
Enfundado	240,8
Sellado y etiquetado	20,2

El proceso productivo consta de una jornada laboral de 9 horas, con una 1 hora de almuerzo, con un turno diario, trabajando 24 días al mes, teniendo una demanda mensual de 3600 Kg, esto para obtener una producción diaria de 150 Kg, con un Tack Time de: 192 seg/Kg

Tabla 7. Cálculo del Tack Time de la línea de producción

Variable	Operación	Resultado	Medida
Jornada Laboral		9	Horas
Tiempo de almuerzo		1	Horas
Número de turnos		1	Diario
Días horas por mes		24	Días
Demanda mensual		3600	Kilogramos
Tiempo disponible	9 horas-1 hora	8	Horas
Tiempo disponible	8 horas*60 min	480	Minutos por día
Tiempo disponible	480 min*60 seg	28800	Segundos por día
Demanda Diaria	3600/24	150	Kilogramos por día
Tiempo tack time seg	28800 seg/día/125Kg	192	Segundos/Kilogramo

Para el cálculo de las métricas de la línea de producción, se calcula cada uno de los procesos productivos, entre los datos más importantes a conocer se tiene el tiempo de ciclo de cada etapa, el tiempo disponible y la producción real.

Tabla 8. Cálculo de métricas para VSM actual

Descripción	Unidad	Descascarado	Remojo	Cortado	Fritado	Escurrido	Seleccionado	Sazonado	Empaquetado	Sellado y etiquetado
# de turnos	unidades	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jornada laboral	Horas/Turno	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Tiempo inefectivo	Horas/Turno	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo disponible	seg/día	28800	28800	28800	28800	28800	28800	28800	28800	28800
Producción Bruta	Kg	160	150	150	150	150	150	150	150	150
# de Máquinas	unidades	1	1	1	1	1	1	1	1	1
% de funcionamiento	%	94%	100%	100%	100%	100%	90%	90%	90%	90%
Producción real	Kg	150	150	150	150	150	135	135	135	135
Tiempo de ciclo	seg/Kg	192	192	192	192	192	213,3	213,3	213,3	213,3
% defectos	%	0%	0	0	0	0	10%	0	0	0
Tiempo de cambio de producto	minutos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
# de operarios	unidades	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Un dato importante para desarrollar el estado actual del VSM, es la demanda mensual de producto terminado, dato el cual debe ser transformado a demanda diaria, para la realización de los cálculos necesarios.

Tabla 9. Cálculo de la demanda

Descripción	Valor	Unidad
Demanda mensual	3600	kg
Días hábiles por mes	24	días
Demanda diaria	150	Kg/día

Otro dato de vital importancia es Lead Time (Tiempo de entrega del producto), esta información se debe calcular para cada etapa del proceso productivo

Tabla 10. Cálculo de la Lead time

Descripción	Unidad	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Inventario	Unidad	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Lead Time	Días	0,083	0,014	0,083	0,166	0,167	0,063	0,007	0,167	0,014

Para el cálculo del valor añadido de todo el proceso productivo, es la suma de los tiempos de ciclo de cada una de las etapas, mientras tanto el valor no añadido es la suma del lead time de cada uno de las etapas, la suma de los dos valores da como resultado el tiempo total, y la relación entre tiempo total y el tiempo de valor añadido da como resultado el *Touch Time*.

Tabla 11. Cálculo de valor agregado

Descripción	Unidad	Valor
TVA (Valor añadido)	min	30,22
TNVA (Valor no añadido)	min	1100,8
TT (Tiempo Total)	min	1130,99
TOU (Touch Time)	%	2,67%

Con el cálculo del TOU queda evidenciado claramente que tan solo un 2,67% del tiempo total, agrega valor al proceso productivo, esto da oportunidad para mejorar cada una de las etapas y aplicar las herramientas necesarias con el fin de mejorar la eficiencia y la optimización del proceso, a continuación, se muestra los problemas y las herramientas a aplicar en el VSM actual del proceso. Tabla 12.

Tabla 12. Herramientas aplicar en cada etapa del proceso

Etapa	Métrica	VSM Actual	Herramienta
Pelado	Tiempo de procesamiento excesivo	120 min	5's Estandarización
Remojo	Sin continuidad del proceso	Sin continuidad	JIT
Cortado	Tiempo de procesamiento excesivo	60 minutos	Jidoka
Traslado 1	Traslado innecesario	Aumento del tiempo de valor no añadido 10 minutos	Jidoka
Freido	Automatización del proceso	240 minutos	Jidoka
Escurreido	Automatización del proceso	240 minutos	Jidoka
Selección	Alto porcentaje de desperdicio	10% de desperdicio	5's Estandarización
Sazonado	Automatización del proceso	Producto no conforme Aumento del tiempo de	Jidoka y Andon
Traslado 2	Traslado innecesario	valor no añadido 10 minutos	Jidoka
Enfundado	Sobre procesamiento	240 minutos	JIT y Jidoka
Sellado y Etiquetado	Sobre procesamiento	20 minutos	JIT y Jidoka

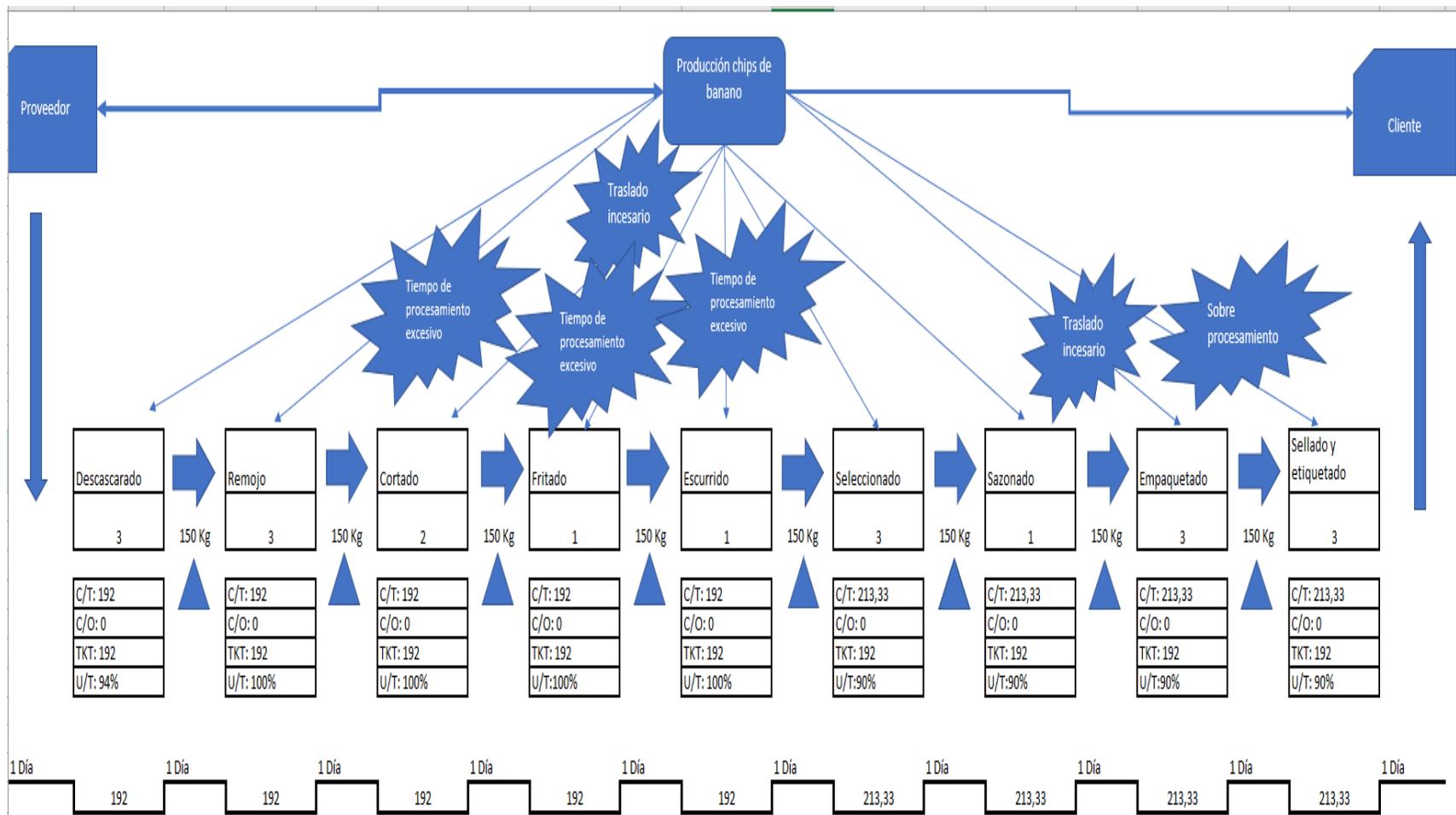


Figura 11. VSM actual del proceso productivo

El estado actual del VSM indica un tiempo excesivo en el proceso de cortado del banano, ya que al realizarse de manera manual y con utensilios de cocina provoca una demora significativa en dicho proceso, a esto se suma la gran cantidad de materia prima a procesar hace de este proceso sea deficiente.

El proceso productivo consta con dos traslados innecesarios a lo largo de la línea de producción, esto hace que, al no seguir un orden secuencial el traslado del material, disponga de un tiempo determinado para uno de los traslados, específicamente para pasar de la etapa de corta hacia la etapa de fritado y de la etapa de sazonado hacia la etapa de empaquetado.

En la etapa de fritado tiene un tiempo elevado de procesamiento, esto se debe que, al ser un proceso artesanal, no tiene los controles necesarios para fijar el tiempo de cocción de los chips, y se hace de manera visual únicamente, lo que incide en su cocción no sea de manera uniforme. El escurrido es otra etapa con alto tiempo de procesamiento, ya que es un proceso que empírico y se lleva a cabo de manera natural al dejar secar y escurrir al ambiente, esto con lleva un excesivo tiempo de procesamiento, debido a la gran cantidad de material.

La etapa de selección presenta un problema de desperdicio elevado, problema detectado en un proceso previo, como consecuencia de llevar un proceso no estandarizado, afectado directamente al producto terminado, presentado varios defectos de calidad, entre los cuales están poca cocción y quemadura de los chips

Dentro de análisis mediante el VSM, también se puede constatar un sobre procesamiento, que hace referencia a dos etapas del proceso que son el empaquetado y el sellado con etiquetado, debido a que se realiza de manera manual, se divide en dos etapas innecesarias, esto da como resultado demora en todo proceso productivo.

En la aplicación de un VSM actual, para luego mediante la aplicación de las herramientas *Lean Manufacturing* para obtener un VSM futuro en el estudio de caso de una bodega y su proceso lograron aumentar en un 30% la productividad anual y la reducción del 20% de defectos por año. [1]

Aplicando herramientas *Lean Manufacturing* como 5's y *JIT*, en el estudio de caso para una empresa publicitaria consiguieron incrementar su producción mensual pasando de 3 000 a 5 760 unidades y mejorando sus indicadores de rendimiento. [2]

3.2. Disposición de línea de producción

La distribución de la planta de manufactura está en función del producto, esto debido a que es un modelo que se utiliza para volúmenes altos y de baja variedad, para este caso únicamente se tiene un único producto, y grandes volúmenes de producción.

La disposición de la planta está basada en su producción secuencial, lo que permite colocar una maquina junto a la otra, teniendo en cuenta que el producto pasa por todas las etapas de transformación, tomando como opciones una disposición en L o U.

Para determinar el área necesaria de la planta es necesario tener en cuenta las dimensiones de la maquinaria más importante a implementar en el proceso productivo, tanto en largo, ancho y alto, a continuación, se muestra las dimensiones, pesos, capacidades y potencia requerida por cada una de los equipos a intervenir en el proceso productivo, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Detalle de las máquinas a utilizar en el proceso productivo

Marca	Energía (Kw)	Capacidad (Kg/h)	Peso (Kg)	Dimensiones (mm)
Cortadora	0,75	600-800	100	650*550*900
Freidora	24	100	140	1400*700*950
Des engrasadora	1,1	300	360	1000*500*700
Sazonadora	1,5	800	180	1200*1000*1400
Empaquetadora	2,5	30-60	480	820*900*1980

Conociendo las dimensiones de la maquinaria, se tiene que la maquina más larga es la sazonzadora y la maquina más alta es la empaquetadora, esto para tomar en cuenta a la hora de realizar la disposición de la planta de manufactura, el área aproximada para la distribución es de 10m*8m*2.50m.

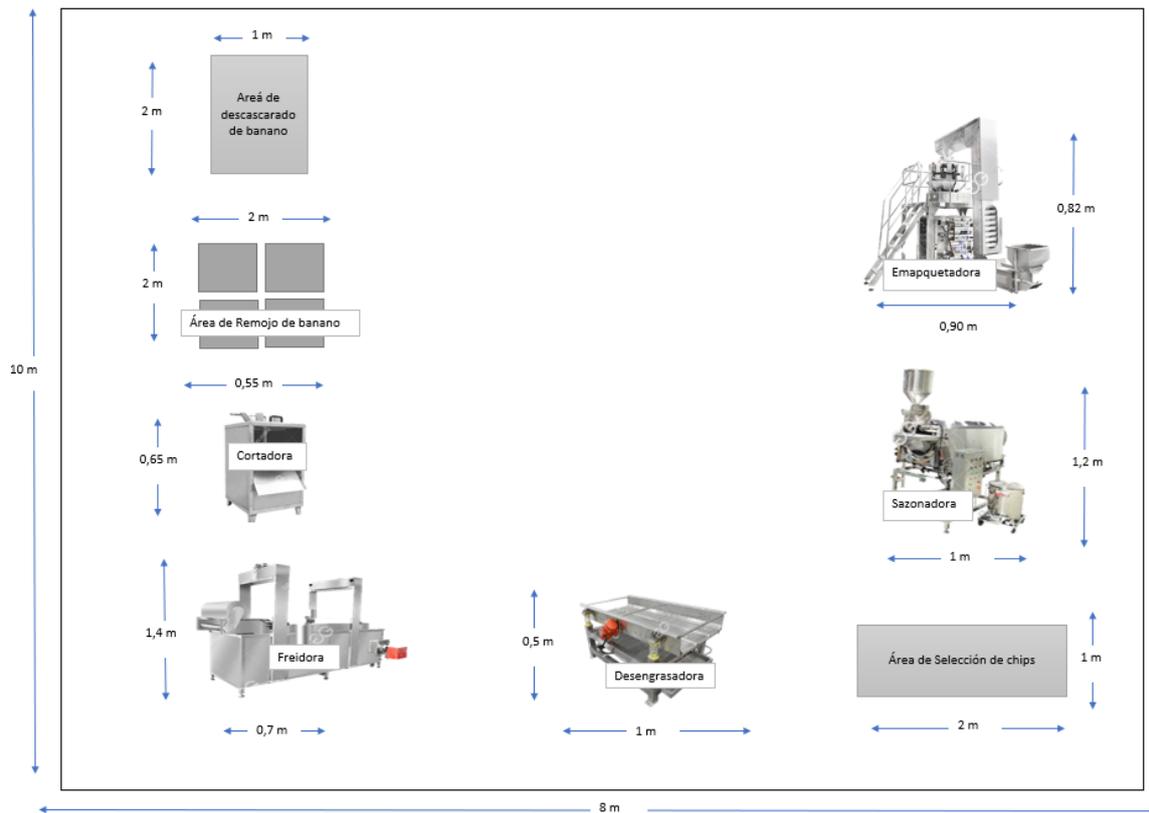


Figura 12. Distribución de planta en disposición U

En el plano se muestra la disposición de cada uno de los equipos uno a continuación de otro, con el fin de no interrumpir el proceso productivo, además se evidencia claramente su disposición en forma de U, lo cual facilita el trabajo por parte de los operadores, ya que permite realizar maniobras de trabajo tanto por la pare interior como por la parte exterior de toda la línea de producción.

3.3. Proceso productivo de chips de banana aplicando herramientas Lean Manufacturing

3.3.1. Descascarado del banana

El primer proceso de la línea de producción es el descascarado del Banana, el cual consiste en el quitar la cascara de forma manual por parte de los operadores encargados de este proceso, para la primera etapa se necesitan 4 racimos de banana con un peso promedio de 40 Kg cada racimo.

El proceso de pelado tiene un tiempo aproximado de 120 minutos, en el cual se pelan los 4 racimos de bananos, mediante cuchillos bien afilados, obteniendo un promedio de 150 Kg de banano a procesar durante toda la línea de producción.



Figura 13. Descascarado del banano de forma estándar

Para este proceso se aplica 5's, de manera que todo lo necesario para realizar este proceso este ordenado y clasificado, teniendo el área de trabajo completamente limpia, por último, el descascarado se lo realiza de forma estandarizada, como se muestra en la Figura 13.

3.3.2. Remojo del banano

La segunda etapa dentro del proceso productivo es la del remojo del banano, la cual consiste en una vez descascarado el banano este pasa a un proceso de reposo sumergido en el agua, este proceso tiene un tiempo aproximado de 20 minutos.

Para este proceso se necesitan contenedores con capacidad de sumergir un total de 150 Kg de banano. En este proceso se aplica JIT, de manera que conforme el banano sea descascarado, este a su vez siga cayendo, hasta completar un contenedor con determinada cantidad, siga al proceso de remojo, para que cumpla con el tiempo de remojo, y así repetir el ciclo hasta procesar todo producto, como muestra la Figura 14.



Figura 14. Remojo del banano

3.3.3. Cortado del banano

La tercera etapa del proceso productivo, es el cortado del banano, el cual consiste en el fragmentar cada uno de los bananos en rodajas circulares más pequeñas, este proceso se lo lleva a cabo de manera manual por parte los operadores con ayuda de una rebanadora, el tiempo promedio de este proceso es de 60 minutos.

Para este proceso se necesita una maquina cortadora de banano semi manual, la cual conste con 4 orificios con diferentes diámetros de 55 a 100 mm, en la cual se puede ajustar el grosor del corte de 1 a 5 mm, con una capacidad de procesamiento de hasta 300 Kg/h.

En este proceso se aplica la herramienta Jidoka, la cual mediante la maquina cortadora semi manual, el operador encargado de este proceso, únicamente debe ingresar por los orificios, de acuerdo al diámetro del banano, y a su vez la maquina realiza el proceso de cortado con los parámetros iniciales dados a la máquina como lo son el grosor de los chips, como lo muestra la Figura 15.



Figura 15. Máquina cortadora de banano

3.3.4. *Fritado del banano*

Esta etapa dentro del proceso productivo es la importante a llevarse a cabo, una vez que todos los bananos son cortados, estos son trasladados hacia el proceso de fritura, en el cual el banano sufre su cambio más notable, hasta convertirse en chips de banano, el tiempo promedio de procesamiento de esta etapa es de 60 min.

Para este proceso se necesita una freidora con control de temperatura y velocidad, entrada para reabastecer de aceite, además de una salida de residuos propios del proceso de fritura, la capacidad de este equipo debe ser de 200 Kg/h.

Este proceso aplica dos herramientas como lo son Jidoka y Andon, debido a que primero se automatiza el proceso de fritura de los chips, incluyendo una alarma de tipo Andon, que es una herramienta visual y auditiva, permitiendo saber el momento exacto de la terminación de la fritura de los chips, evitando la sobre cocción y a su vez minimizando el desperdicio de producto. La máquina se puede observar en la Figura 16.



Figura 16. Máquina freidora de banano

3.3.5. *Escurreido del banano*

En esta etapa del proceso consiste en el escurrir y secado de los chips de banano provenientes del freído, este proceso tiene un tiempo aproximado de 60 minutos. Este proceso es llevado a cabo mediante una máquina, que por medio de vibraciones elimina el acetite excesivo que puedan llegar a tener los chips.

En este proceso es aplicable la herramienta Jidoka, la cual permite automatizar dicho proceso, haciendo más eficiente la línea de producción, sin dejar de lado la mano de obra, quien controla y da los parámetros iniciales para el correcto funcionamiento de la maquina bajo supervisión de un operador calificado, el equipo se puede observar en la Figura 17.

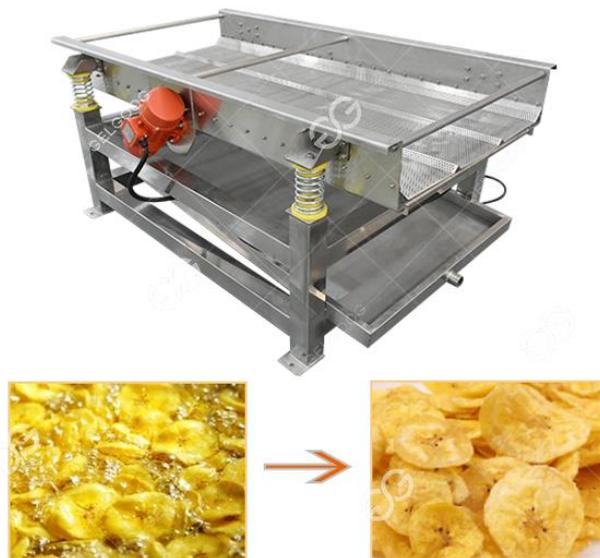


Figura 17. Máquina des engrasadora de chips de banana

3.3.6. *Selección del banano*

La siguiente etapa es un proceso de control de calidad, que se lleva a cabo visualmente, y de manera manual, con el fin de descartar los productos defectuosos y no aptos para el consumo, entre los cuales se tiene chips, quemados, parcialmente freídos y partidos, este proceso de selección tiene un tiempo promedio de 90 minutos

Para este proceso se aplica las 5's, primero clasificando los productos no conformes y asignando un espacio para la colocación del desperdicio, manteniendo limpia el área de descarte del producto, teniendo como punto clave la estandarización, del producto conforme y no conforme para su rechazo, como muestra la Figura 18.



Figura 18. Escogido de chips de banano (producto Apto)

3.3.7. Sazonado

Esta etapa es un proceso muy importante para toda la línea de producción, la cual consiste en el sazonado de los chips de banano, este proceso es llevado a cabo por medio de una maquina mezcladora continua de condimentos de chips de banano.

El funcionamiento de esta máquina consiste que por medio de vibraciones en un tambor de una longitud determinada al moverse hacia arriba y luego caer, el proceso de mezcla se lleva a cabo uniformemente con el tipo de condimento en polvo, dicho proceso tiene un tiempo promedio de 10 minutos.

El siguiente proceso aplica la herramienta Jidoka, esta automatiza el proceso de sazonado, el cual mediante de esta máquina permite sazonar todos los chips de manera uniforme, con el tipo de sazonador determinado, mejorando la eficiencia al disminuir el tiempo de procesamiento, dicha maquina se la observa en la Figura 19.



Figura 19. Máquina mezcladora continua de condimentos

3.3.8. *Empaquetado*

La etapa de enfundado o empaque, consiste en que una vez los chips de banana se encuentren sazonados, sean empaquetados en fundas de acuerdo al gramaje requerido para la comercialización de este producto. La máquina encargada de este proceso es una empaquetadora automática de basculas 10 cabezales con un promedio de 50-70 bolsas/ minuto.

El funcionamiento de esta máquina consiste en que mediante una tolva alimenta a la empaquetadora, la cual se concentra en la placa vibradora la cual distribuye uniformemente el producto por los diferentes cabezales, este abre el balde de amortiguación para luego enviarlo al balde de pesaje, mediante un sensor detecta que tiene el gramaje determinado y procede a descargar el material para su empaque.

En el siguiente proceso aplica dos herramientas las cuales son JIT y Jidoka, una vez terminado el proceso sazonado este sigue inmediatamente hacia el proceso de empaque, haciendo que siga un proceso continuo, luego al automatizar el proceso de empaque, optimiza 3 procesos en 1, los cuales son empaquetado, sellado y etiquetado, incrementando la eficiencia del proceso notablemente, la maquina se puede observar en la Figura 20.



Figura 20. Empaquetadora automática de chips de banano

3.4. Costos de maquinaria de la línea de producción

Para escoger el tipo de precios de los equipos es importante entender las necesidades de producción y el presupuesto. Tanto si se está comenzando una empresa a pequeña escala como si está industrializando un negocio existente, la selección adecuada de máquinas para fabricar chips de plátano es clave para el éxito en la industria de los snacks.

La capacidad de las máquinas afecta directamente los precios, ya que las máquinas industriales con mayor capacidad suelen ser más costosas. Además, la funcionalidad también influye en el costo: las máquinas totalmente automáticas, que requieren menos intervención manual, suelen ser más caras, pero ofrecen mayor eficiencia. Los costos aproximados de los equipos necesarios se pueden observar en la Tabla 14.

Tabla 14. Precios referenciales de las máquinas de la línea de producción

Máquina	Imagen	Descripción	Precio \$
Cortadora		<p>Para fabricar chips de plátano, el proceso inicial consiste en cortar los plátanos de forma uniforme. Existen cortadoras de plátanos disponibles en diferentes capacidades y con variados espesores de corte</p>	2500-5000
Freidora		<p>Las rebanadas de plátano se someten a la fritura para lograr la textura crujiente deseada. Existen distintos tipos de freidoras disponibles, incluyendo las de lotes y las continuas</p>	5000-15000
Desengrasadora		<p>Las máquinas desaceitadoras se encargan de reducir el exceso de aceite en los chips de plátano fritos, garantizando que queden crujientes y sin sensación grasosa.</p>	5000-20000
Sazonadora		<p>una máquina de condimento de tambor continuo para sazonar</p>	5000-15000
Empacadora		<p>Una vez que los chips de plátano están preparados, es fundamental empaquetarlos de forma eficiente. Las máquinas de envasado abarcan desde selladoras manuales básicas hasta líneas de envasado completamente automatizadas.</p>	4000-20000

Capítulo III

Diseño y simulación de la planta de manufactura

4.1. Layout de la planta de planta de manufactura

Para el diseño de la línea de planta de manufactura cada estación o etapa del proceso productivo tiene sus propias dimensiones, para esto se toma en cuenta no únicamente las dimensiones de las maquinas que interviene en el proceso, sino también las dimensiones de los elevadores o bandas trasportadoras a utilizar y facilitar el transporte del material y optimizar el tiempo de procesamiento total, de igual manera el espacio físico a ocupar por cada operario.

Para realizar el diseño de la planta de manufactura se tomó en cuenta los datos proporcionados por la cotización de una empresa dedicada a la fabricación de líneas de producción, dada la ficha técnica de cada una maquinas con sus respectivas dimensiones, para tener un diseño lo más cercano a la realidad.

Con las premisas anteriores se propone la siguiente disposición de layout de la planta de manufactura, tomando una disposición de tipo L o lineal, para garantizar un correcto flujo de materiales de manera continuo sin interrupción alguna y evitar traslados innecesarios tanto de materia prima como de personal operativo.

Para una disposición de tipo lineal todas las maquinas son ubicadas una a continuación de otra a lo largo planta de manufactura, su disposición se da manera vertical, la disposición lineal puede ser ubicada al borde de cada lado de la planta o en su defecto en el centro de la misma.

Se determina el espacio que va ocupar la línea de producción sumando el largo de todas las maquinas, para determinar el ancho se toma la maquina con mayor medida de ancho y es el valor a tomar en cuenta, para la altura se toma en cuenta el mismo criterio, adicionalmente se tiene que dejar espacios vacíos en los extremos de todos los lados para la movilización tanto del material y personal.

Tabla 15. Dimensiones del diseño en disposición de forma lineal

	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)
Área de Descascarado	3	1,5	0,8
Área de Lavado	3	1,5	1,5
Área de Cortado	0,65	0,49	0,85
Elevador	2,4	1	1,3
Área de Fritado	2,3	2,2	1,77
Área de Desaceitado	1,5	1,35	1,25
Área de Enfriado	4	1,2	1,5
Área de Selección	3	1,5	0,8
Área de Sazonado	2,4	1,05	2,15
Área de Empaquetado	3	3	2,34
Total / Max	25,25	3	2,34

Como se observa en la Tabla 15, el largo máximo para el diseño de forma lineal es de 25,25m de largo, por 3m de ancho, con una altura de 2,34m, sin embargo, se debe dejar espacios libres a lo largo, ancho y alto de la línea de producción para la movilización del material y personal, con este antecedente el área óptima para la ubicación de la línea productiva es de 30m de largo, por 10 metros de ancho, y 3m de altura.

La Figura 21 muestra el prototipo de diseño del área ocupada por la línea de producción, esta línea de preferencia debe ser ubicada en el centro de la planta esto para favorecer maniobras de la materia prima, además de la oportunidad de trabajar por parte de los operadores por cualquier lado que se ubiquen, las holguras o espacios disponibles para su movilización son de a lo largo 2,375m de cada lado, de ancho tiene un espacio disponible de 3.5m de cada lado, y de alto el espacio entre la máquina y el techo es de 0,66m suficiente para poder realizar cualquier tipo de movimiento en el caso de ser necesario.

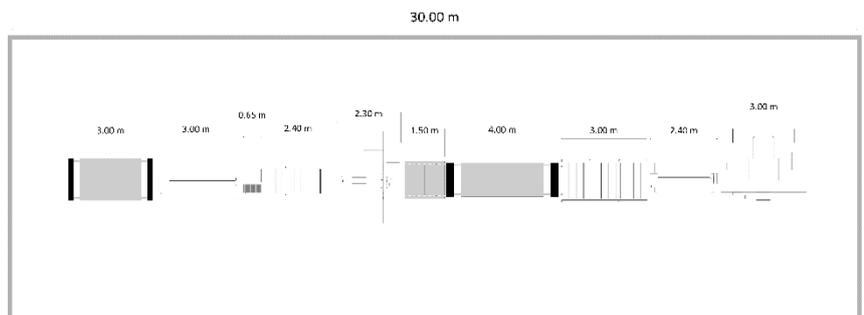


Figura 21 Diseño de forma Lineal

Para una disposición en forma de L la mayoría las maquinas son ubicadas una a continuación de otra en forma vertical a lo largo planta y sus últimas máquinas están ubicadas de manera horizontal, su disposición se asemeja a una L por eso su nombre, la disposición en L puede ser ubicada cerca de los extremos de cada lado de la planta de manufactura.

Se determina el espacio que va ocupar la línea de producción sumando el largo de todas las maquinas dispuestas en manera vertical, para determinar el ancho se suma todas las maquinas dispuestas de manera horizontal, para la altura se toma la máquina de mayor altura y es l valor a tomar en cuenta, adicionalmente se tiene que dejar espacios vacíos en los extremos de todos los lados para la movilización tanto del material y personal.

Tabla 16. Dimensiones del diseño en disposición L

	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)
Área de Descascarado	3	1,5	0,8
Área de Lavado	3	1,5	1,5
Área de Cortado	0,65	0,49	0,85
Elevador	2,4	1	1,3
Área de Fritado	2,3	2,2	1,77
Área de Desaceitado	1,5	1,35	1,25
Área de Enfriado	4	1,2	1,5
Área de Selección	3	1,5	0,8
Área de Sazonado	2,4	1,05	2,15
Área de Empaquetado	3	3	2,34
Total / Max	19,85	5,4	2,34

Como se observa en la tabla, el largo máximo para el diseño en forma de L es de 19,85m de largo, debido a que solamente se suman la maquinaria dispuesta de manera vertical que va desde el área de descascarado, hasta el área de selección. El ancho es 5,4m, ya que únicamente las dos zonas ubicadas en forma horizontal son la de área de sazonado y el área de empaquetado, y con una altura de 2,34m, sin embargo, se debe dejar espacios libres a lo largo, ancho y alto de la línea de producción para la movilización del material y personal, con este antecedente el área óptima para la ubicación de la línea productiva es de 25m de largo, por 10 metros de ancho, y 3m de altura.

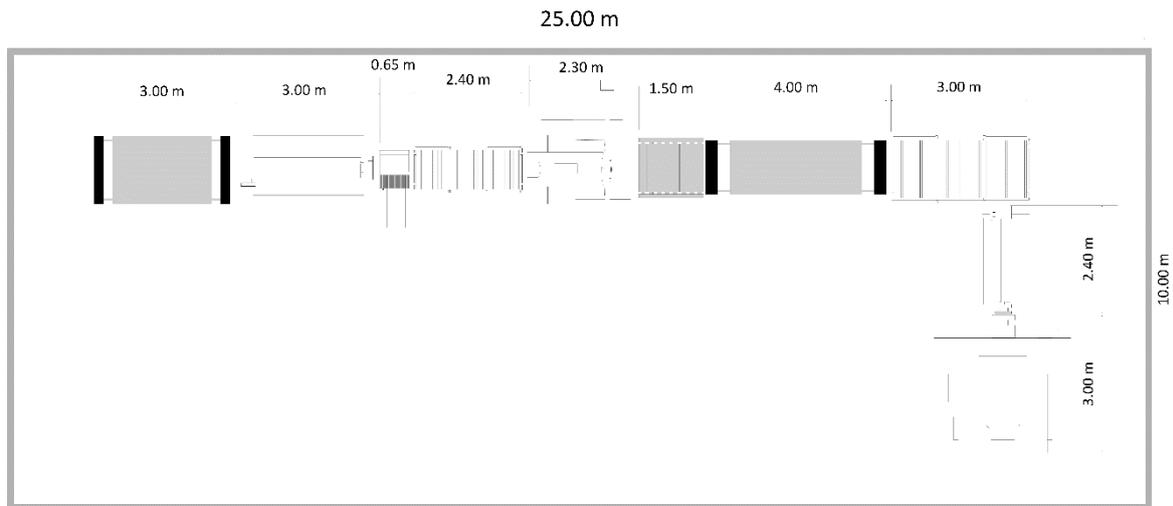


Figura 22. Diseño en forma de L de la línea de producción

En la Figura 22, se observa un prototipo de diseño del área ocupada por la línea de producción en forma de L, esta línea de preferencia debe ser ubicada en el cerca de los extremos de la planta, esto ayuda a que el flujo de materiales sea continuo, también ayuda a que los operadores tengan menor distanciamiento entre procesos, los espacios disponibles para el transporte de material y movimiento del personal es de 2,57m en forma longitudinal y de 2,3 en forma transversal, y de alto el espacio entre la máquina y el techo es de 0,66m suficiente para poder realizar cualquier tipo de movimiento en el caso de ser necesario.

La elección entre una disposición lineal recta y una disposición en L en una línea de producción afecta significativamente el transporte de personal y la gestión de materia prima. Mientras que la disposición lineal recta ofrece simplicidad y eficiencia en el movimiento continuo y directo de materiales y personal, la disposición en L proporciona flexibilidad para adaptar rutas de transporte según sea necesario, aunque con desafíos adicionales en la gestión de esquinas y posiblemente mayores costos operativos y de diseño inicial.

Tabla 16. Ventajas y desventajas según el tipo de Layout

	Layout Lineal	Layout en forma L
Ventajas	Menor movimiento de materiales. En un layout lineal, los productos fluyen de una etapa a otra de manera secuencial, reduciendo los desplazamientos laterales.	El diseño en forma de L permite adaptarse a modificaciones tanto en el producto como en el proceso de fabricación

	<p>Reducción de tiempos de traslado. Al minimizar los desplazamientos internos, se agiliza la producción</p> <p>Menos desperdicio relacionado con el transporte de materiales. Se reduce el manejo innecesario de materia prima, semielaborados y producto acabado.</p>	<p>Menor área ocupada. El diseño en forma de L puede aprovechar mejor el espacio disponible</p> <p>Reducción del stock. Al optimizar el flujo, se minimiza la necesidad de almacenamiento intermedio</p>
Desventajas	<p>Limitación de espacio horizontal. Puede haber restricciones en la disposición lateral</p> <p>Menos flexibilidad para cambios laterales. Modificar la disposición puede ser más complicado</p>	<p>Mayor complejidad de diseño. Requiere planificación cuidadosa para maximizar el espacio</p> <p>Mayor dificultad en la supervisión. La visión global puede ser más compleja.</p>

4.2. Simulación

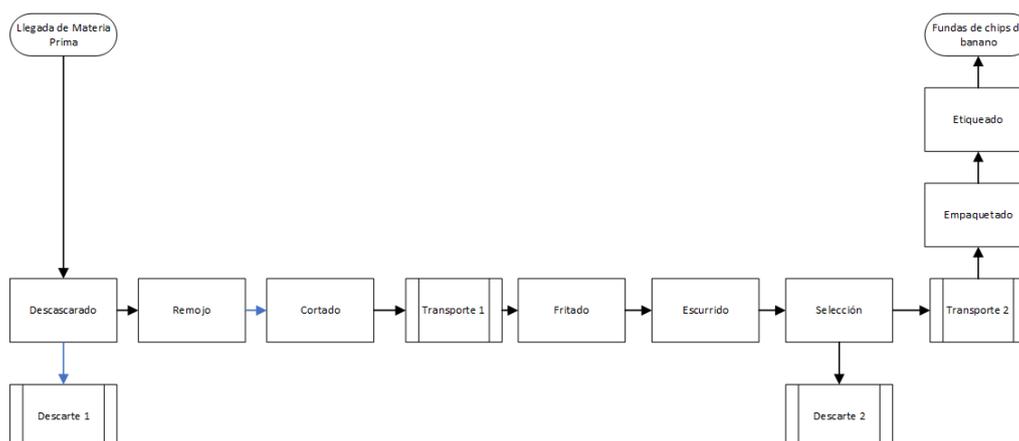


Figura 23. Flujograma del proceso de simulación

Para la realización de la simulación se utiliza un software que permite simular los procesos productivos, eventos continuos y discretos, con esto se puede tener una visión cercana al proceso real del tiempo empleado en cada proceso, tiempo total del proceso, su producción en una jornada laboral.

Para efectos de la simulación se toma en cuenta varios factores y variables fundamentales para la correcta simulación, entre los cuales se toma en cuenta una jornada laboral de 9 horas que empieza de 8:00 am a 17:00 pm con una hora de almuerzo de 12:00 am a 13:00 pm, otro factor es el número de operadores, que para dicha línea de producción se consideró 3 operadores

encargados de todos los procesos y transporte de materiales, mediante la herramienta despachador.

La simulación empieza con la llegada de 40 cajas de banano de 5kg cada uno, entonces nuestra materia prima inicial es 200 kg que ira sufriendo cambios a lo largo de línea de producción, las estaciones de remojo, cortado, frito, escurrido, sazonado y etiquetado, para los cuales se utiliza la herramienta de procesos, mientras para las estaciones de descascarado, selección y empaquetado se utiliza la herramienta separadora, para poder programar los descartes, y las divisiones.

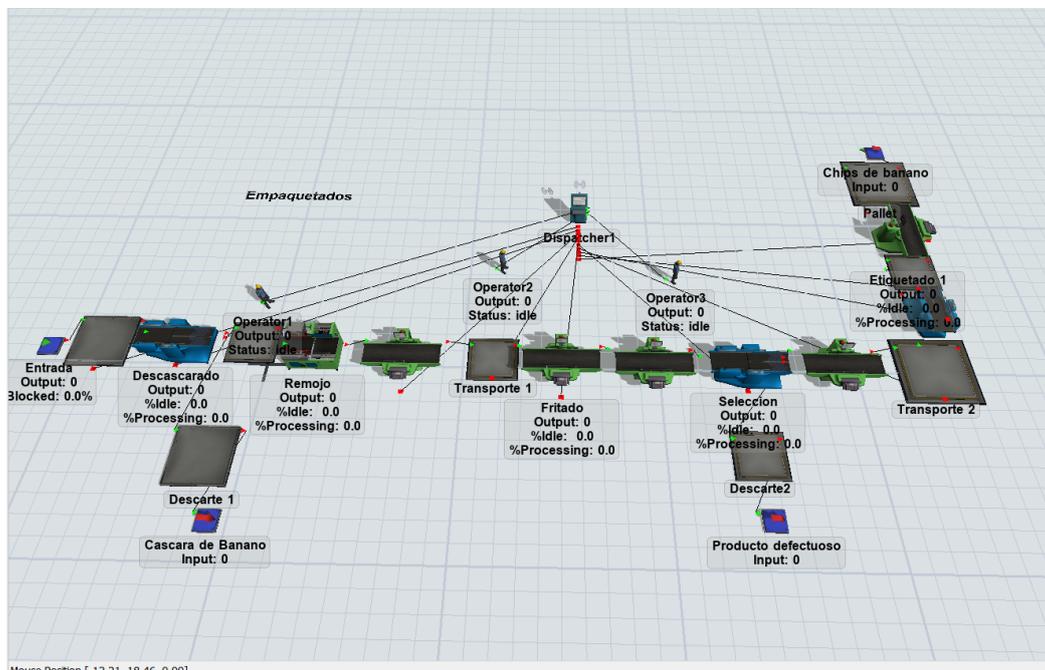


Figura 24. Plano de la simulación

Se utilizó tres colas dos de estas para realizar traslados y una para almacenar el producto antes de pasar a la estación de etiquetado, adicionalmente se utilizó dos colas más, para almacenar el producto descartado.

En el caso de descascarado se programa un descarte de la cascara de banano de 25%, que es el promedio de porcentaje que se tiene como desperdicio, para la estación de selección se programó un 10% de desperdicio por producto no conforme, y por último para estación de

empaquetado se utiliza la herramienta dividir, que se la programo de tal manera que por cada caja de 5kg separe en 34 fundas de chips de banano de 150 gr cada uno.

Cada estación cuenta con una distribución estadística normal que cuenta con los tiempos promedios de procesamiento, lo que permite acercarse lo más posible a la realidad, los tiempos de los procesos están definidos en minutos con una normal y su desviación estándar, cada estación está programada trabajar con lotes de 5kg.

Tabla 17. Tiempos medios de procesamientos y desviaciones estándar

Proceso	Normal	Desviación estándar
Descascarado	4	0,074
Remojo	0,67	0,069
Corte	4	0,068
Fritado	8	0,730
Escurrido	7,97	0,143
Selección	2,93	0,118
Sazonado	0,33	0,066
Empaquetado	8	0,153
Etiquetado	0,013	0,0012

4.3. Optimización de la simulación aplicando Lean Manufacturing

La optimización tenemos al aplicar la estandarización de las estaciones de pelado y selección reduciendo su tiempo de procesamiento hasta en un 10%, para luego aplicar la herramienta JIT en la estación de remojo y en las estaciones que sea factible, que nos permite que cada lote llegue justo a tiempo a la estación siguiente, esto con el fin de eliminar las colas, mediante bandas trasportadoras. de igual manera para eliminar transportes incensarios se utiliza las mismas bandas.

Para los procesos de cortado, fritado y sazonado se utiliza la herramienta Jidoka, que permite la automatización de los procesos, esto implica una reducción en sus tiempos de procesamiento y tener un mejor control de cada proceso, además permite unificar procesos que mediante la herramienta multiprocesos unimos dos procesos en uno, para este caso el proceso de escurrido

y selección se convierte en uno solo, y los otros proceso a combinar son los de empaquetado y etiquetado, los cuales pasan a formar unos solo.

La herramienta Jidoka también nos permite perfeccionar los procesos y tener mejor controladas cada una de sus variables, ya que con esto se logra reducir significativamente los desperdicios generados especialmente en la estación de selección, debido a la automatización de la estación de fritado, provoca una cocción más uniforme, evitando producto no conforme.

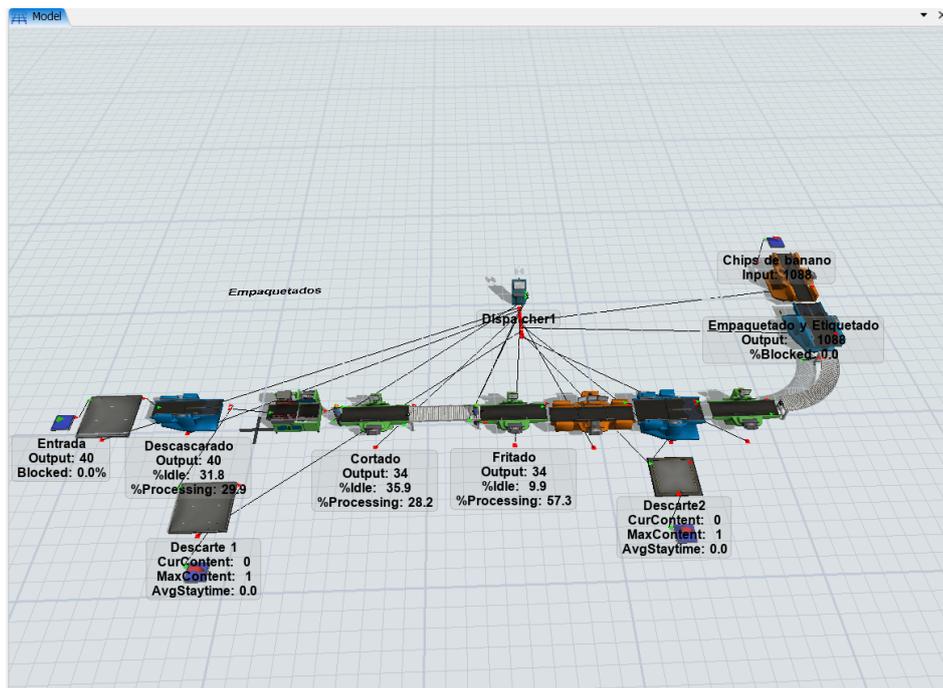


Figura 25. Plano de la simulación optimizada

4.4. Resultados de la simulación estado actual

Para la simulación se trabajó con 3 operadores en un solo turno de 8:00 am a 17:00 pm, con una hora para el almuerzo de 12:00 am a 13:00 pm, los resultados obtenidos se observan en el gráfico de rendimiento. Los tres operadores se encuentran en actividad superior del 95% del tiempo, sin embargo, se puede observar que el operador 1 es que más tiempo está siendo utilizado con 99,55%, mientras que el operador que menos es utilizado es el operador tres con un 95,60%.

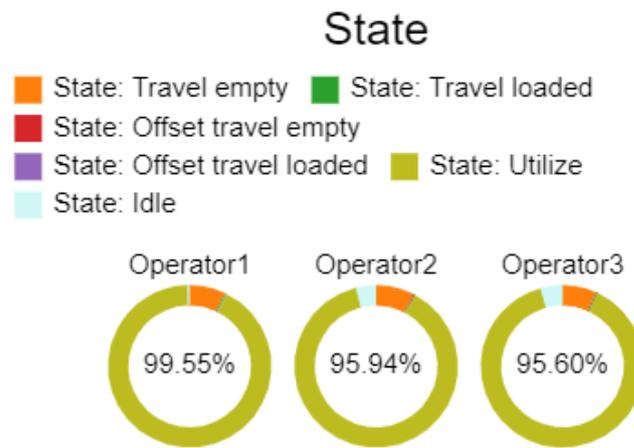


Figura 26. Porcentaje de utilización por operador

El promedio de utilización o actividad de los operadores es de un 97,03%, lo que nos indica que en su totalidad del tiempo los operadores se encuentran realizando las actividades dichas del proceso, también se cuenta con el porcentaje de tiempo de desplazamiento que como promedio nos arroja un 2,97% que es un porcentaje considerablemente bajo y ratifica que la mayoría del tiempo los operadores son utilizados en los procesos.

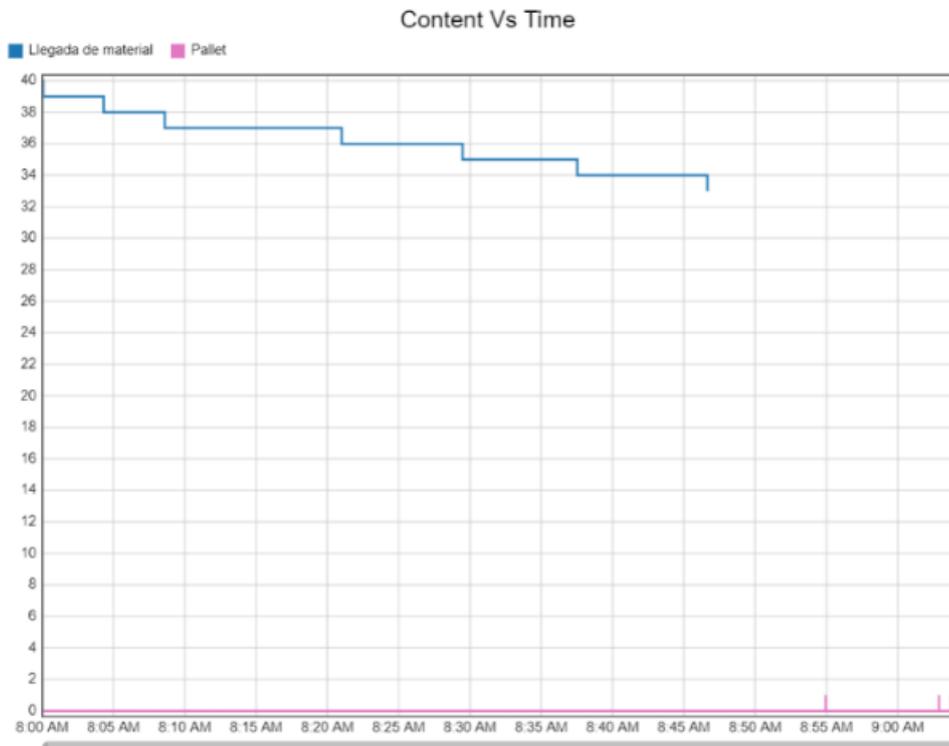


Figura 27. Contenido vs tiempo 9:00 am

El grafico contenido vs tiempo transcurrido, muestra la variable de llegada de materia prima que empieza en 40 cajas, y como segunda variable la salida de fundas de chips de banano, lo que se observa que la primera funda de chips sale a las 8:55 am, mientras tanto se están procesando 7 cajas de banano, esto nos quiere decir que, en la primera hora de trabajo, ya se puede empezar a obtener el producto final.

Una vez los operadores salen a su hora de almuerzo, ya se han procesado un total de 21 cajas de banano y se han producido 75 fundas de chips, lo que indica y podemos observar es la creación de una cola entre el proceso de empaquetado y enfundado, donde se tiene 200 fundas por etiquetar, lo que explica la baja producción hasta el mediodía.

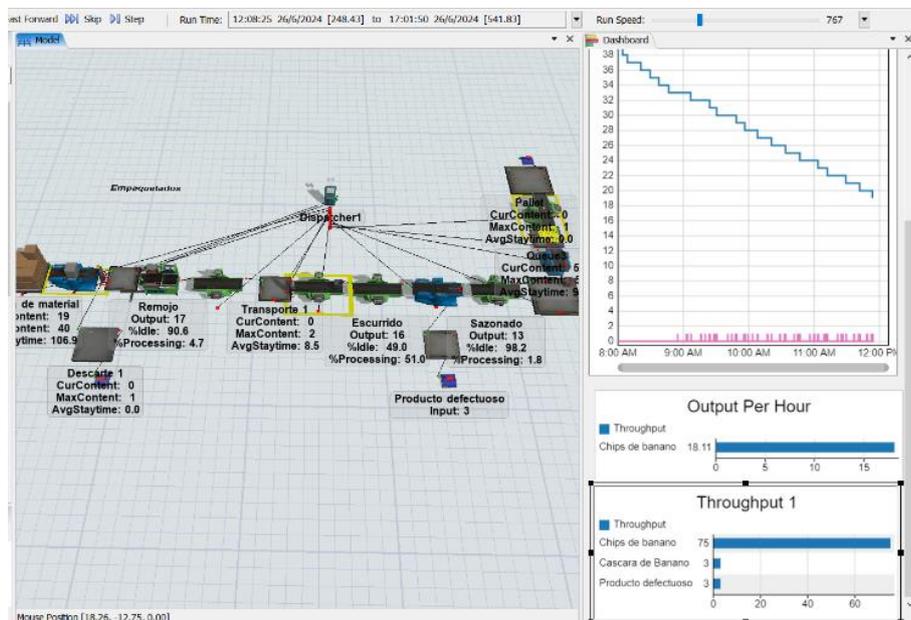


Figura 28. Estado de la simulación 12:00 am

En la Figura se puede observar como la última caja de materia prima es procesada entre las 16:00 pm y las 16:20 pm, esto nos indica que hasta el final de la jornada se sigue procesando las cajas de banano.

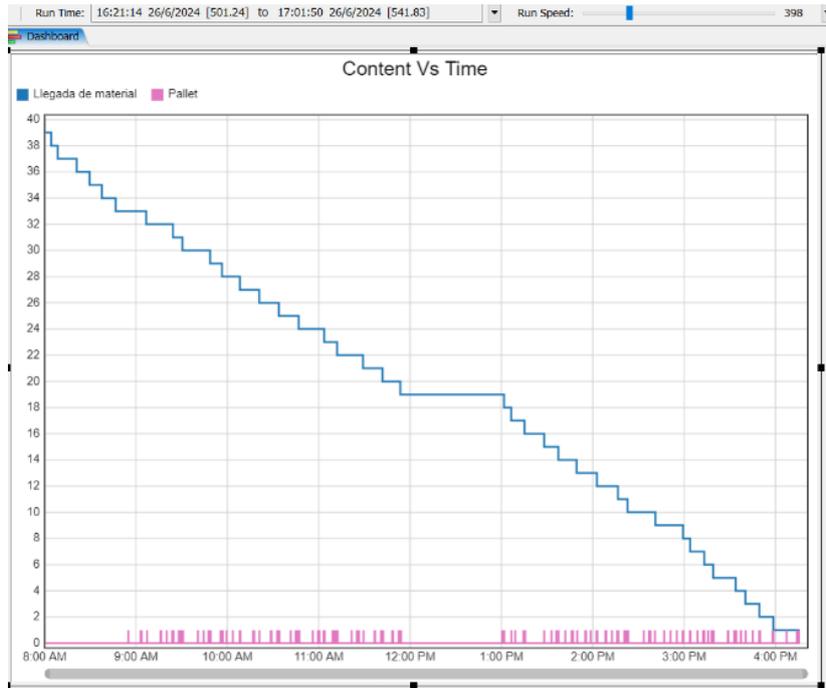


Figura 29. Contenido vs tiempo 16:00 pm

En el grafico muestra la producción de unidades salientes de fundas de chips de banano terminadas por hora en el proceso productivo que es de 104,5, además se tiene un total de 944 unidades de producto terminado, 9 cajas de cascara de banano y 3 cajas de producto no conforme.

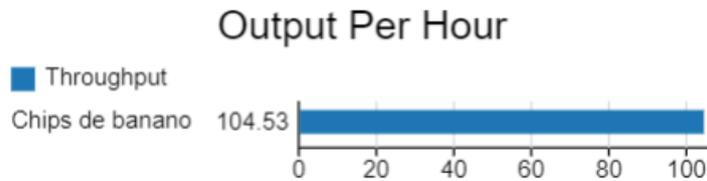


Figura 30. Salidas por hora

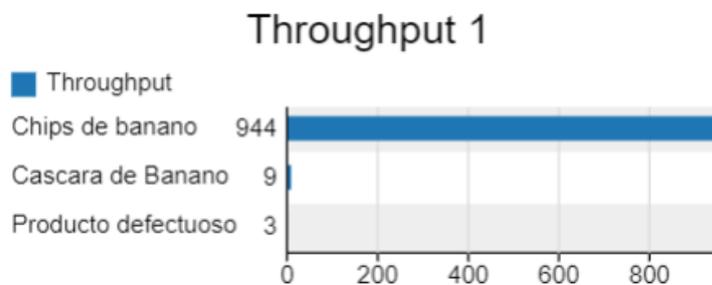


Figura 31. Salidas de producto

En las salidas de producto se tiene 9 cajas de cascara de banano alrededor de 45kg solo de cascara, lo que representa un 22,5% del total de materia prima de 200 kg, que en promedio es el porcentaje de producto no útil del banano. Por otra parte, se tiene la salida de 3 cajas de producto defectuoso que suman 15kg y representa un 9,67% de producto no conforme de un total de 155kg procesados luego de ser descascarado, lo que indica un porcentaje considerable que no cumple con los requisitos para continuar en el proceso productivo.

4.5. Resultados de la simulación optimizado

Una vez realizado las modificaciones con el fin de optimizar el proceso productivo, se observa que el operador 1 es que más se ocupa con un 84,44% del tiempo, mientras que el operador que menos se ocupa es el operador 3 con 67,54%, que nos da como resultado que el promedio de ocupación de los 3 operadores es de 73,31% del tiempo del proceso, y un tiempo de desocupación de 26,69%, el tiempo de viaje entre estaciones es despreciable.

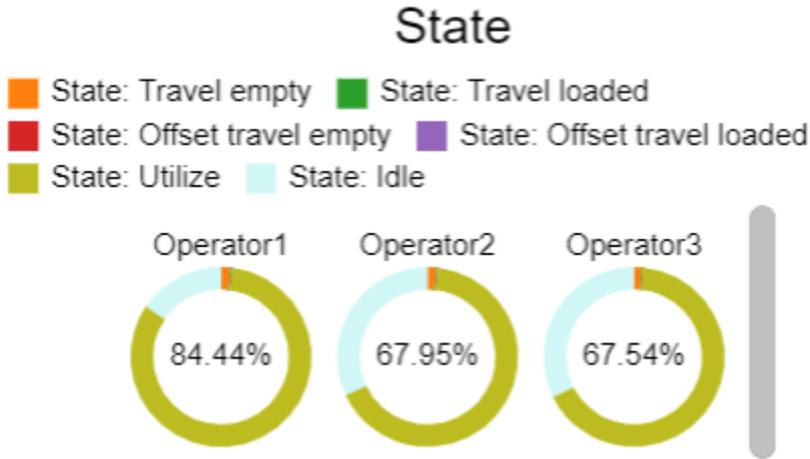


Figura 32. Porcentaje de utilización por operador optimizado

La reducción del tiempo de ocupación es debido a que, al optimizar y unificar varios procesos, se reduce el número de estaciones por los cuales los operadores deben trabajar y trasladarse, provocando que en promedio un cuarto de su tiempo total esté sin ocuparse. Otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta que la jornada laboral se redujo de 8:00 am a 15:40 pm incluida la hora del almuerzo, tiempo suficiente para procesar toda la materia prima y terminar el producto final.

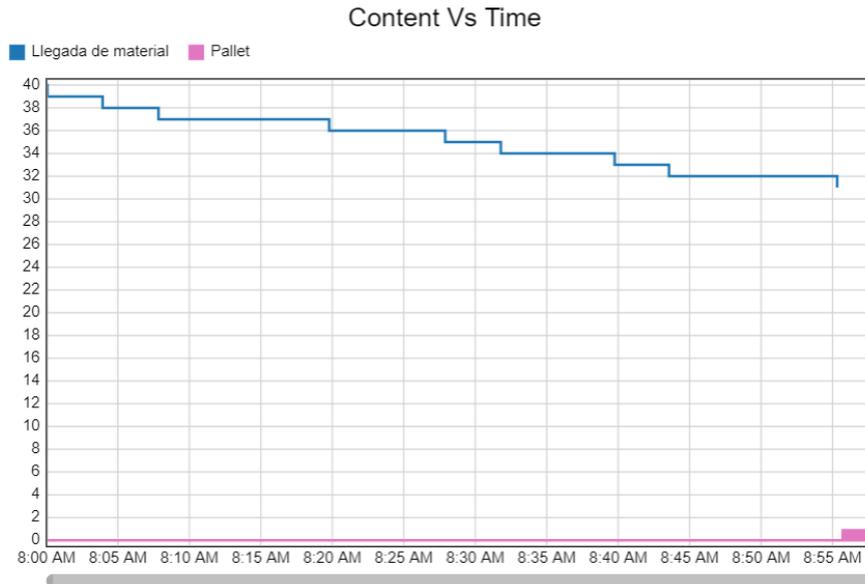


Figura 33. Contenido vs tiempo 9:00 am optimizado

El grafico contenido vs tiempo transcurrido, muestra la variable de llegada de materia prima que empieza en 40 cajas, y como segunda variable la salida de fundas de chips de banano, lo que se observa que el primer lote de fundas de chips sale pasado las 8:55 am, mientras tanto se están procesando 9 cajas de banano, esto nos quiere decir que, en la primera hora de trabajo, ya se obtiene un primer lote de producto final.

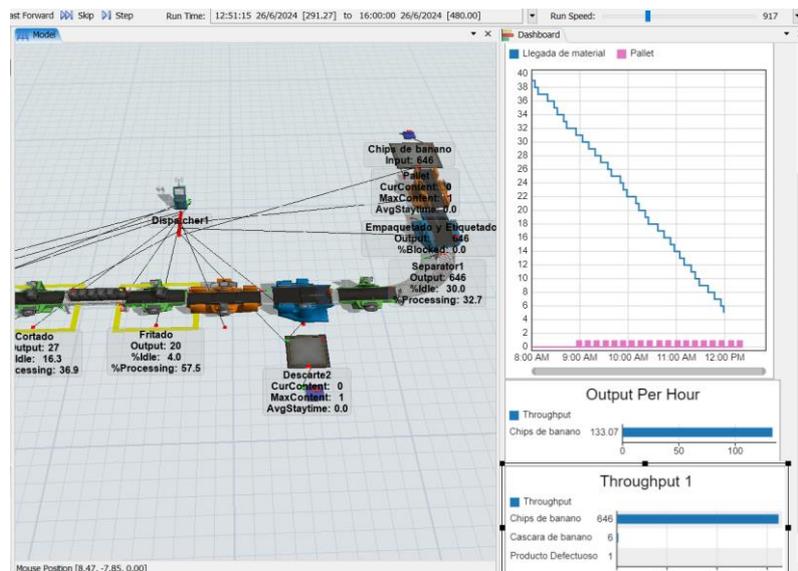


Figura 34. Estado de la simulación 12:00 am optimizado

Cuando los operadores se encuentran a su hora de almuerzo, ya se han procesado un total de 35 cajas de banano y se han producido 612 fundas de chips, lo que indica que casi en su totalidad la materia ha sido utilizada, mientras que más de la mitad de la producción diaria ha sido completada.

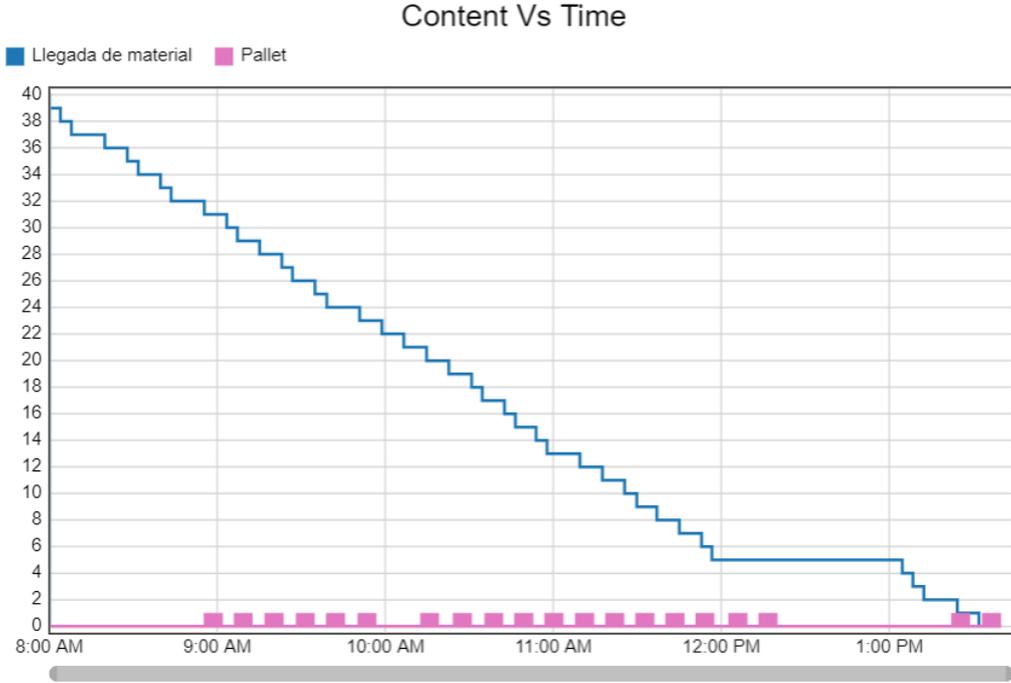


Figura 35. Contenido vs tiempo 13:20 pm optimizado

En la gráfica se puede observar como la última caja de materia prima es procesada pasado la 13:00 pm, debido a la optimización de los procesos permite que el flujo de material sea más rápido y por ende el procesamiento de materia primera termine casi de inmediato los operadores regresan del almuerzo.

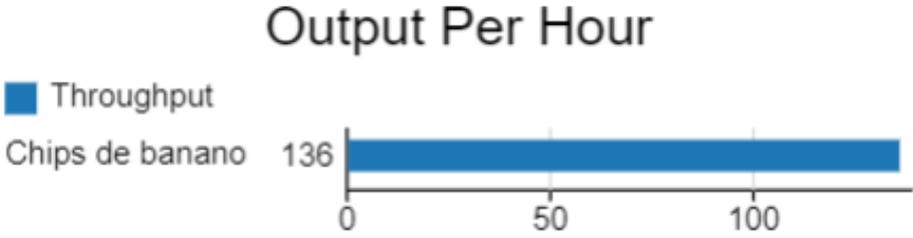


Figura 36. Salidas por hora optimizada

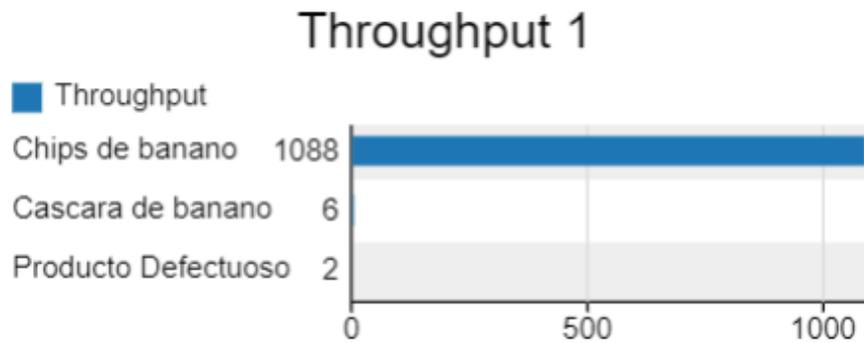


Figura 37. Salidas de producto optimizada

En el grafico muestra la producción de unidades salientes de fundas de chips de banano terminadas por hora en el proceso productivo que es de 136, además se tiene una producción total de 1088 unidades de producto terminado, 6 cajas de cascara de banano y 2 cajas de producto no conforme.

En las salidas de producto se tiene 6 cajas de cascara de banano alrededor de 30kg solo de cascara, lo que representa un 15% del total de materia prima de 200 kg, que en promedio es el porcentaje de producto no útil del banano. Por otra parte, se tiene la salida de 2 cajas de producto defectuoso que suman 10kg y representa un 5,88% de producto no conforme de un total de 160kg procesados luego de ser descascarado, lo que indica un porcentaje considerable que no cumple con los requisitos para continuar en el proceso productivo.

4.6. Análisis VAN y TIR

El análisis financiero de la presente propuesta se realiza a través del cálculo del TIR y VAN, para lo cual, es indispensable determinar la inversión inicial necesaria para arrancar el proyecto, la previsión de ventas esperadas, análisis de costos y flujo de caja, tanto del escenario previo a la simulación de la planta de producción propuesta.

La Tabla 18 presenta el detalle de la inversión inicial considerando la materia prima, mano de obra, costos indirectos y maquinaria requerida para iniciar con la operación de la planta productora de chips de banano.

Tabla 18. Inversión inicial

Inversión inicial para el primer mes					
	Cantidad	Medida	Valor		Total
Materia Prima					\$ 5.169,60
Banano	4800	Kg	\$ 1,00	\$	4.800,00
Aceite	192	Lt	\$ 1,80	\$	345,60
Sal	48	Kg	\$ 0,50	\$	24,00
Mano de obra					\$ 2.100,00
Operadores	3	Horas	\$ 700,00	\$	2.100,00
Costos Indirectos					\$ 5.398,32
Energía eléctrica	432	Kw	\$ 0,91	\$	390,96
Agua potable	288	m 3	\$ 0,72	\$	207,36
Alquiler	300	m2	\$ 15,00	\$	4.500,00
Empaques	3	Rollos	\$ 100,00	\$	300,00
Maquinaria					\$ 57.500,00
Cortadora	1	Unidad	\$ 3.500,00	\$	3.500,00
Freidora	1	Unidad	\$ 10.000,00	\$	10.000,00
Desengrasadora	1	Unidad	\$ 10.000,00	\$	10.000,00
Sazonadora	1	Unidad	\$ 10.000,00	\$	10.000,00
Banda transportadora	2	Unidad	\$ 2.000,00	\$	4.000,00
Empacadora	1	Unidad	\$ 20.000,00	\$	20.000,00
TOTAL					\$ 70.167,92

Se requiere una inversión inicial de \$70.167,92 para arrancar con las operaciones de la planta, el valor obtenido en la inversión, se considera para el análisis financiero de la planta con y sin optimización.

Se inicia con el cálculo del VAN y TIR considerando la producción de la planta, sin optimización, considerando que se procesa un total de 944 paquetes de 150 gr de chips de banano diarios. La Tabla 19, muestra los ingresos mensuales que se esperan recibir por la comercialización del producto final.

Tabla 19. Ingresos mensuales sin optimización

Ingresos Mensuales			
Producto	Cantidad	PVP	Total
Chips de banano			
150 gr	22656	\$ 1,00	\$ 22.656,00
Ventas	15859,2	\$ 1,00	\$ 15.859,20

Mensualmente se producen 22.656 paquetes de chips de banano, de los cuales, debido a las condiciones de mercado, se prevé la comercialización mensual de al menos el 70% del total de la producción, representando ventas por \$15.859,20.

Una vez determinados los ingresos a recibir, se realiza una previsión de ventas a tres años, considerando una demanda igual a lo largo del tiempo y mantención del precio de venta, estimado en \$1,00, el precio sigue una estrategia basado en la competencia, las marcas competidoras manejan productos en presentaciones más pequeñas, a un valor de \$1,00, considerando que la planta no posee posicionamiento en el mercado y el producto es nuevo, se considera una presentación más grande a un precio competitivo, que permita cubrir los costos de producción y obtener rentabilidad a largo plazo.

Tabla 20. Previsión de ventas sin optimización

Producto	Previsión de ventas								
	Año 1			Año 2			Año 3		
	Cantidad	PVP	Total	Cantidad	PVP	Total	Cantidad	PVP	Total
Chips de banano	205632	\$ 1,00	\$ 205.632,00	205632	\$ 1,00	\$ 205.632,00	205632	\$ 1,00	\$ 205.632,00

Las ventas mensuales de 15.859 paquetes, representan un total de 205.632 paquetes de chips de banano vendidas anualmente, las cuales al comercializarse en \$1,00, generan ingresos de \$205.632,00 anuales. Como se menciona en párrafos anteriores, la demanda y precio son factores que se mantienen constantes para el desarrollo del presente proyecto, sin embargo, podría haber alteraciones en cada factor, de acuerdo a las condiciones del mercado, en dicho caso, se debe proponer variaciones en los factores y calcular los respectivos indicadores.

La Tabla 21 detalla los principales gastos anuales.

Tabla 21. Gastos anuales

Gastos	Año 1	Año 2	Año 3
Sueldos	\$ 25.200,00	\$ 25.200,00	\$ 25.200,00
Aporte patronal	\$ 2.809,80	\$ 2.809,80	\$ 2.809,80
Décimo tercero		\$ 2.100,00	\$ 2.100,00
Décimo cuarto		\$ 2.100,00	\$ 2.100,00
Fondos de reserva		\$ 2.099,16	\$ 2.099,16
Vacaciones		\$ 1.225,00	\$ 1.225,00
Alquiler	\$ 18.000,00	\$ 18.000,00	\$ 18.000,00
Agua	\$ 829,44	\$ 829,44	\$ 829,44
Energía eléctrica	\$ 2.345,76	\$ 2.345,76	\$ 2.345,76
Otros	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00
TOTAL	\$ 91.185,00	\$ 98.709,16	\$ 98.709,16

Los gastos del primer año son inferiores a los demás, debido a que, los beneficios sociales a los cuales se rige el Código Laboral en Ecuador, señalan que los décimos, fondos de reserva y vacaciones se reconocerán una vez que el empleado cumpla un año de servicio dentro de la empresa, por lo cual, a partir del segundo año, se reconocen dichos rubros, es importante mencionar que para cada operador se consideró un sueldo de \$700,00. Los valores presentados en la Tabla 21 son anuales, cada cifra se multiplicó por 12 meses para obtener el valor anual.

Así mismo, es importante considerar que, otros, hace referencia a diferentes gastos, destinando un valor de \$3.000,00 mensuales, entre los gastos que se engloban en dicho ítem está:

- Publicidad
- Suministros de limpieza
- Material POP
- Transporte
- Eventos y patrocinios
- Internet

La Tabla 22 muestra el flujo de caja proyectado, en el cual se indica el balance entre los ingresos y gastos, durante los tres años, así como la utilidad después del pago del impuesto a la renta y participación de utilidades a los empleados.

Tabla 22. Flujo de caja sin optimización

Flujo de caja					
	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ingresos	\$ 70.167,92	\$ 190.310,40	\$ 190.310,40	\$ 190.310,40	\$ 190.310,40
Ventas		\$ 190.310,40	\$ 190.310,40	\$ 190.310,40	\$ 190.310,40
Egresos		\$ 153.220,20	\$ 160.744,36	\$ 160.744,36	\$ 160.744,36
Gastos		\$ 91.185,00	\$ 98.709,16	\$ 98.709,16	\$ 98.709,16
Materia prima		\$ 62.035,20	\$ 62.035,20	\$ 62.035,20	\$ 62.035,20
Flujo de caja neto		\$ 37.090,20	\$ 29.566,04	\$ 29.566,04	\$ 29.566,04
Impuesto a la renta					
25%		\$ 9.272,55	\$ 7.391,51	\$ 7.391,51	\$ 7.391,51
Participación 15%		\$ 1.390,88	\$ 1.108,73	\$ 1.108,73	\$ 1.108,73
Flujo de caja		\$ 26.426,77	\$ 21.065,80	\$ 21.065,80	\$ 21.065,80

Al igual que la proyección de ingresos, en gastos, se considera un nivel similar durante los tres años, debido a que la producción será la misma, en caso de existir variaciones en el mercado, se debe realizar el correspondiente ajuste. Además, se considera la extensión de la proyección a 4 años para fines explicativos del VAN y TIR que se explica en los párrafos siguientes.

Se considera gastos por \$21.065,80 anuales para poder producir en la planta, el primer año el valor es menor, debido a que los gastos de personal, no incluyen los beneficios sociales, generando que los egresos sean más bajos.

La Tabla 23 presenta el valor calculado en TIR y VAN, los cuales consideran una tasa nominal del 5%, de acuerdo a la revisión de las tasas para PYMES en diversas instituciones financieras. Se consideran dos escenarios, el primero indica el TIR y VAN del proyecto dentro de tres años, la segunda alternativa presenta el análisis financiero a cuatro años.

Tabla 23. TIR y VAN sin optimización

TNA de inversión		
alternativa	5%	5%
Años	Flujo de fondos	Flujo de fondos
0	\$ -70.167,92	\$ -70.167,92
1	\$ 26.426,77	\$ 26.426,77
2	\$ 21.065,80	\$ 21.065,80
3	\$ 21.065,80	\$ 21.065,80
4		\$ 21.065,80
TIR	-1%	11%
VAN	\$-7.328,41	\$9.177,20

Se puede evidenciar que el proyecto sin optimización, no es viable de realizar, en el caso de analizar los tres primeros años, con un TIR de -1%, el proyecto representa pérdidas para el empresario, mientras que el VAN de -7.328,41 indica el valor de dichas pérdidas, confirmando que el proyecto, no es viable de realizar.

Por este motivo, se plantea un escenario a cuatro años, reflejando el cambio de panorama del proyecto, el TIR tendría un valor positivo de 11% el cual se traduce como mayor rentabilidad para el empresario, mientras que el VAN muestra ganancias por \$9.177,20. De manera que, el proyecto es factible de realizar y la inversión inicial se recuperaría en un tiempo estimado de 3 años 1 mes.

El propósito del presente proyecto es determinar optimizaciones que permitan tener mayor rendimiento y resultados favorables para la planta de producción, por tal motivo, se analizan los indicadores financieros de la planta con las optimizaciones obtenidas mediante la simulación realizada.

Se considera la misma inversión inicial, sin embargo, al optimizar la planta, la producción asciende a 1.088 fundas de chips de banano de 150 gr, el nivel de ventas, se sitúa en un 70% del total producido mensualmente, los ingresos proyectados se indican en la Tabla 24.

Tabla 24. Ingresos mensuales con optimización

Ingresos Mensuales			
Producto	Cantidad	PVP	Total
Chips de banano			
150 gr	26112	\$1,00	\$ 26.112,00
Ventas	18278	\$ 1,00	\$ 18.278,40

Con la optimización se espera recibir ingresos mensuales de \$17.136,00, los cuales provienen de la venta de 17.136 fundas de chips de banano a un precio de venta de \$1,00, al igual que el caso anterior, se consideran condiciones de mercado estáticas para la previsión de ventas expuesta en la Tabla 25.

Tabla 25. Previsión de ventas con optimización

Producto	Previsión de ventas								
	Año 1			Año 2			Año 3		
	Cantidad	PVP	Total	Cantidad	PVP	Total	Cantidad	PVP	Total
Chips de banano	219341	\$ 1,00	\$ 219.341	219341	\$ 1,00	\$ 219.341	219341	\$ 1,00	\$ 219.341

La previsión de ventas refleja ingresos anuales de \$219.340,80, en caso de que algún factor de mercado varíe se debe reajustar la previsión. Los gastos no sufren cambios, por lo cual, se mantienen los valores detallados en la Tabla 25.

Al cambiar los ingresos, el flujo de caja sufre modificaciones, las cuales se detallan en la Tabla 26.

Tabla 26. Flujo de caja con optimización

Flujo de caja				
	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos	\$ 70.167,92	\$219.340,80	\$219.340,80	\$219.340,80
Ventas		\$ 219.340,80	\$ 219.340,80	\$ 219.340,80
Egresos		\$153.220,20	\$160.744,36	\$160.744,36
Gastos		\$ 91.185,00	\$ 98.709,16	\$ 98.709,16
Materia prima		\$ 62.035,20	\$ 62.035,20	\$ 62.035,20
Flujo de caja neto		\$ 66.120,60	\$ 58.596,44	\$ 58.596,44
Impuesto a la renta 25%		\$ 16.530,15	\$ 14.649,11	\$ 14.649,11
Participación 15%		\$ 2.479,52	\$ 2.197,37	\$ 2.197,37
Flujo de caja		\$ 47.110,93	\$ 41.749,96	\$ 41.749,96

Se espera que, a partir del segundo año, el flujo de caja sea de \$41.749,96, en caso de cambiar el flujo de ingresos o egresos, el valor debe ser reajustado. Bajo el panorama indicado en el flujo de caja optimizado, se calcula el VAN y TIR, los resultados se presentan en la Tabla 27.

Tabla 27. TIR y VAN con optimización

TNA de inversión alternativa	5%	5%
Años	Flujo de fondos	Flujo de fondos
0	\$ -70.167,92	\$ -70.167,92
1	\$ 47.110,93	\$ 47.110,93
2	\$ 41.749,96	\$ 41.749,96
3		\$ 41.749,96
TIR	18%	40%
VAN	\$11.969,60	\$46.317,40

El TIR tiene un valor positivo del 18% indicando la rentabilidad positiva que tendría el proyecto al ser implementado, mientras que, el valor del VAN muestra una ganancia de \$11.969,60 con el desarrollo del proyecto, por tal motivo, se considera la viabilidad de implementar las optimizaciones realizadas, considerando que la inversión inicial, se recupera en 2 años, es decir, un dos antes de la planta sin optimizaciones.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- El tiempo de traslado de los operadores entre estaciones en ambas simulaciones es menor al 1% siendo despreciable, lo que nos indica la disposición en forma de L, es la mejor manera de diseñar la planta y su línea de producción.
- Con la optimización del todo el proceso productivo la jornada laboral se reduce de 9 horas a 8 horas con un tiempo de sobra de una hora.
- La producción total después de la optimización aumenta en 15,25%, pasando de una producción de 944 a 1088 fundas de chips, siendo un porcentaje considerable tomando en cuenta que procesa más fundas con una jornada laboral reducida.
- La producción por hora tiene una mejora importante de 30,10% con un aumento de un total de 31,47 fundas de chips más por hora que en el proceso normal.
- Con la optimización, y automatización de procesos se logra reducir el desperdicio de producto no conforme pasando de 9,67% a 5,88%
- Los valores positivos encontrados en el TIR y VAN, del 18% y \$11.969,60 respectivamente, determinan que el proyecto es factible de realizarse, puesto que, representa rentabilidad, además, las optimizaciones implementadas en la simulación de la planta de producción, permiten recuperar la inversión inicial, en 2 años, a partir de dicho periodo, los ingresos, solo representarán ganancia.

Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de únicamente 2 operadores, dado que el porcentaje promedio de desocupación de los operadores cuando se aplica la optimización es del 26%, esto unido a la automatización de procesos, provoca que los operadores no sean ocupados en un 100%
- Es recomendable aumentar la entrada de materia prima, es posible procesar más material debido a que la jornada laboral, luego de la optimización termina antes, dando un espacio para el aumento de materia prima.
- Se recomienda que, para futuros trabajos de simulación, para hacer aún más cercano a la realidad el proceso productivo se tome en cuenta el tiempo de arranque de la maquinaria, el tiempo de mantenimiento, calibraciones y fatiga por parte de los operadores.

- Se recomienda monitorear constantemente los ingresos y egresos de la planta de producción, con el fin de evitar pérdidas y realizar planes de contingencia que permitan enfrentar cambios drásticos en las condiciones de mercado como: aumento o disminución de la demanda, competencia, proveedores, precios, etc.

REFERENCIAS

- [1] FAO, «Banano. Análisis del mercado 2022,» FAO, Roma, 2023.
- [2] BananaExportNw, «Ecuador ratifica su liderazgo en las exortaciones de banano,» 15 enero 2024. [En línea]. Available: <https://bananaexport.com/2024/01/15/ecuador-ratifica-su-liderazgo-en-las-exportaciones-de-banano/>. [Último acceso: 22 marzo 2024].
- [3] BCE, «Boletín de Análisis Agropecuario,» 2022.
- [4] J. Villón, «Producción nacional de snacks de plátano se diversifica y entra a competir en más de diez países,» *El Universo*, 25 julio 2021.
- [5] P. Alvarado, «Snacks son líderes en el mercado de los productos orgánicos,» *El Universo*, 27 febrero 2022.
- [6] Una Planta, «Diseño de Plantas Industriales: La Clave para una Producción Eficiente,» 17 octubre 2023. [En línea]. Available: <https://unaplanta.com/disenio-de-plantas-industriales>. [Último acceso: 22 marzo 2024].
- [7] Banco Pinchincha, «¿Cómo se clasifican las empresas según su tamaño en Ecuador?,» 07 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.pichincha.com/blog/clasificacion-empresas-por-tamano>. [Último acceso: 31 Marzo 2024].
- [8] Banco Pichincha, «Las PYMES: un motor para el progreso económico,» 08| Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.pichincha.com/blog/que-es-una-pyme>. [Último acceso: 31 Marzo 2024].
- [9] INEC, «Registro Estadístico de Empresas 2022,» Octubre 2023. [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Registro_Empresas_Establecimientos/2022/Semestre_I/Principales_Resultados_REEM_2022.pdf. [Último acceso: 31 Marzo 2024].
- [10] B. U. G., Evaluación de Proyectos, México: Mc Graw Hil, 2006.
- [11] E. C. C. Copa, *DISEÑO DE UN PLAN DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA GONZAPLAST. Tesis de Pregrado de la Universidad Mayor de San Andres*, San Andres : Universidad Mayor de San Andres , 2017.
- [12] B. U. G., Ingeniería Financiera, México: Grupo Editorial Patria , 2016.

- [13] A. D. e. al, «Facility layout problems: A survey,» *Annual Reviews in Control*, vol. 31, nº 2, pp. 255-267, 2007.
- [14] J. P. Garcia-Sabater, *Distribución en Planta. Nota Técnica*, Valencia : RIUNET Repositorio UPV, 2020.
- [15] A. N. e. al, «Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning,» *Cogent Engineering*, vol. 3, nº 1, p. 13, 2016.
- [16] M. N. e. al, «Planificación del Layout para la fabricación de alimentos en la industria 4.0 una revision literaria,» *Ingeniería Industrial* , pp. 243-259, 2022.
- [17] E. N. Oscar Gelves, *Principios de la Gestión de la Producción una Revisión Teórica y Aplicada de los Conceptos*, Bogotá : USTA, 2021.
- [18] F. M. Neto, *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repititiva de familias de productos mediante proceos discretos*, Madrid: Bubook, 2019.
- [19] G. E. Villaseñor Alberto, *Conceptos y Reglas Lean Manufacturing*, Mexico: Limusa, 2017.
- [20] G. E. Villaseñor Alberto, *Manual Lean Manufacutirng Guía Básica*, Mexico: Limusa, 2007.
- [21] B. R. Ramon Alejandro, «Uso de la simulación en proceso de construcción,» *Scielo* , vol. 32, nº 4, p. 13, 2019.
- [22] N. Diego, «MQL,» *Scielo*, vol. 2, nº 1, p. 60, 2021.