

Plan de negocios para la producción y comercialización de bioplásticos a partir de cáscara de piña en el área metropolitana de Bucaramanga, Santander.

Modalidad: práctica en creación de empresa

Iván Fernando Peña Hernández y Steven José Villalobos Campo

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero químico

Director

Omar Andrés Benavides Prada

Prof. Escuela de Ingeniería Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo con toda la gratitud a mis padres, Azucena y Fernando, que han sido el motor de mi vida y me han apoyado, acompañado y amado siempre, en el dolor y la gracia, y me han formado como el hombre que soy hoy, a los amigos que la vida me ha dado la oportunidad de conocer y hoy considero hermanos por su aporte, particularmente a Joel, Nicolas, Bayter, Enzo, Navarro, Diego y Juan Diego. A las personas que he tenido la oportunidad de conocer en la universidad y han caminado conmigo en esta etapa compartiendo cada desafío que se puso enfrente, especialmente a Steven, con quien realice este proyecto y ha sido un amigo muy especial para mi durante todo este tiempo. Por último, quiero dedicar este trabajo a dos personas que con su música me han inspirado y fortalecido en los momentos difíciles, recordándome lo maravillosa que es la vida: Juan Luis Londoño y Yeison Orlando Jiménez.

Ivan Fernando Peña Hernández

A mi familia, mi motor y apoyo incondicional en cada paso de este camino. A mis profesores, por su guía académica y por sembrar en mí la búsqueda de la excelencia. A esos pocos amigos que marcaron mi vida en la carrera, transformando el esfuerzo en compañía y alegría. Y, de manera especial, a Luis Alfonso, por ser fuente de inspiración para convertirme en un señorazo, con todo y sombrero, afrontando la vida con elegancia y determinación.

Steven Jose Villalobos Campo

Tabla de contenido

Introducción	8
1. Objetivos.....	9
1.1 Objetivo general	9
1.2 Objetivos específicos.....	10
2. Marco teórico.....	10
2.1 Plan de negocios.....	10
2.2 Estudio de mercado.....	11
2.3 Análisis técnico.....	11
2.4 Análisis financiero.....	11
2.5 Impacto ambiental y socioeconómico de los residuos agroindustriales	12
2.6 Cáscara de piña como fuente de celulosa.....	12
2.7 Propiedades físicas, mecánicas y funcionales de los bioplástico	13
3. Metodología	13
4. Estudio de mercado.....	15
4.1 Diseño de la investigación.....	17
4.2 Análisis de resultados.....	17
5. Estudio técnico.....	23
5.1 Descripción técnica del proceso.....	23
5.2 Diagrama de flujo del proceso	25
5.3 Materia Prima.....	26
5.4 Capacidad instalada.....	28
5.5 Especificaciones del producto.....	29
5.6 Necesidades y requerimientos.....	30

5.7 Maquinaria y equipos requeridos.....	30
6. Estudio financiero.....	34
6.1 Inversión inicial.....	34
6.2 Costos de operación.....	35
6.3 Fuentes de ingresos.....	36
6.4 Formatos Financieros.....	37
6.5 Análisis de viabilidad.....	37
Conclusiones.....	40
Referencias bibliográficas.....	40
Apéndices.....	44

Lista de tablas

Tabla 1 Mercado objetivo 16

Tabla 2 Ficha técnica 29

Tabla 3 Materia prima requerida por lote de 20.700 unidades 30

Tabla 4 Equipos requeridos..... 31

Tabla 5 Inversión inicial 34

Tabla 6 Costos de producción..... 35

Tabla 7 Ingresos anuales 36

Tabla 8 Resultados financieros 37

Tabla 9 Criterios de decisión 38

Lista de figuras

Figura 1 Diagrama metodológico	15
Figura 2 Tipo de material de preferencia para empacar el producto	18
Figura 3 Tipo de distribuidor que frecuenta	18
Figura 4 Demanda semanal sobre los 4 tipos de empaques consultados	19
Figura 5 Aspecto fundamental para comprar envases	20
Figura 6 Conocimiento sobre la marca de los envases que compra	21
Figura 7 Conocimiento sobre la ley 2232 del 7 de Julio de 2022.....	21
Figura 8 Interés en el producto cuyo costo ronda entre 700-1000 pesos colombianos por unidad	22
Figura 9 Diagrama de flujo del proceso.....	25
Figura 10 Diseño del isologo.....	29

Lista de Apéndices

Apéndice A. Diagrama metodológico..... 44
Apéndice B. Memoria de cálculo estudio técnico..... 46
Apéndice C. Memoria de cálculo estudio financiero..... 46

Resumen

Título: Plan de negocios para la producción y comercialización de bioplásticos a partir de cáscara de piña en el área metropolitana de Bucaramanga, Santander.

Autores: Iván Fernando Peña Hernández y Steven José Villalobos Campo

Palabras clave: Cáscara de piña, Bioplásticos, Bacillus subtilis, PHB, plan de negocios.

El objetivo principal de este proyecto fue estructurar un plan de negocios para la creación de una empresa productora y comercializadora de empaques bioplásticos para comida a partir de las cáscaras de piña, consideradas residuos agrícolas, en el área metropolitana de Bucaramanga, Santander. Este proyecto busca aprovechar los residuos orgánicos de la región como materia prima principal para responder a la necesidad de la transición industrial hacia productos sostenibles, teniendo presente el marco político y legal actual de Colombia, particularmente en la industria gastronómica por la cual es reconocido el departamento.

El desarrollo del plan inicio con un estudio de mercado, que buscaba identificar la necesidad real del producto en el mercado del área metropolitana de Bucaramanga. Además, se logró proyectar la demanda de las unidades de bioempaques, teniendo en cuenta el tamaño del mercado y la participación esperada. Posteriormente, se llevó a cabo un estudio técnico, que permitió identificar las etapas del proceso, diseñar una ruta de producción y seleccionar los equipos según la capacidad instalada. Por último, se realizó un estudio financiero, que determinó la viabilidad económica del proyecto, mediante el análisis de flujo de caja, obteniendo un VPN negativo y una TIR de -51,11 %, lo que confirmó que el proyecto no es viable económicamente, pero que existe potencial de crecimiento con la maduración de las tecnologías actuales.

Abstract

Title: Business Plan for the Production and Marketing of Bioplastics from Pineapple Peel in the Metropolitan Area of Bucaramanga, Santander.

Authors: Iván Fernando Peña Hernández and Steven José Villalobos Campo

Keywords: Pineapple peel, Bioplastics, *Bacillus subtilis*, PHB, business plan.

The main objective of this project was to develop a business plan for the creation of a company that produces and markets bioplastic food packaging made from pineapple peels, considered agricultural waste, in the metropolitan area of Bucaramanga, Santander. This project seeks to utilize the region's organic waste as the primary raw material to address the need for industrial transition towards sustainable products, taking into account the current political and legal framework in Colombia, particularly within the food industry for which the department is known.

The plan's development began with a market study, which aimed to identify the actual need for the product in the Bucaramanga metropolitan area. Additionally, the demand for the bio-packaging units was projected, taking into account market size and expected market share. Subsequently, a technical study was conducted, which identified the stages of the process, designed a production route, and selected equipment based on installed capacity. Finally, a financial study was performed, which determined the project's economic viability through cash flow analysis. This analysis yielded a negative NPV and an IRR of -51.11%, confirming that the project is not economically viable, but indicating potential for growth as current technologies mature.

Introducción

El incremento en la generación de residuos plásticos y la baja eficiencia en su gestión han agudizado los problemas ambientales en Bucaramanga y su área metropolitana. A diario, se generan más de 530.000 kg de residuos sólidos, de los cuales apenas un pequeño porcentaje es reciclado, lo que evidencia una clara necesidad de implementar soluciones sostenibles y circulares (Alcaldía de Bucaramanga, 2023).

La problemática mencionada ha abierto camino a la búsqueda de alternativas innovadoras que permitan reducir la contaminación plástica, además de aprovechar residuos agroindustriales abundantes en la región, como la cáscara de piña. En este contexto, Europa ha liderado avances importantes en la producción de biopolímeros a partir de residuos agrícolas, promoviendo el desarrollo de plásticos biodegradables (*A new process with zero emissions*, s.f.). Inspirados por estas iniciativas, y considerando que Bucaramanga y municipios aledaños (como Lebrija) poseen una destacada producción de piña, cuya cáscara tiene alto contenido de celulosa y potencial para la producción de bioplásticos, surge la idea de desarrollar un plan de negocios orientado a la creación de una empresa productora y comercializadora de empaques biodegradables (Polanía *et al.*, 2022; Revista Nova, 2016).

El presente proyecto busca materializar esta propuesta en un contexto empresarial real. Para ello, se plantea un estudio integral que permita evaluar su viabilidad desde las dimensiones técnica, comercial y financiera. A través de esta iniciativa, no solo se busca contribuir a la mitigación de la contaminación por plásticos tradicionales, sino también a la valorización de residuos orgánicos, fortaleciendo así el desarrollo de una economía circular en la región.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Elaborar un plan de negocios para la creación de una empresa productora y comercializadora de empaques a partir de cáscaras de piña en el área metropolitana de Bucaramanga.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar, mediante un estudio de mercado, la aceptación de recipientes biodegradables en empresas del área metropolitana de Bucaramanga.
- Elaborar un plan de operaciones para el proceso de producción, considerando aspectos como la capacidad, el diseño de los equipos y la ubicación de la planta.
- Evaluar la viabilidad del producto final a través de la realización de un estudio financiero.

2. Marco teórico.

2.1 Plan de negocios

Un plan de negocio es un documento donde se exponen el problema existente, la importancia de las oportunidades identificadas por el emprendedor, y la manera en la que el emprendimiento ofrecerá soluciones oportunas a esta problemática (Wieland *et al.*, 2017). Es una herramienta que permite fortalecer los elementos característicos dentro de la generación de una empresa y genera relaciones beneficiosas con los entes económicos involucrados en los procesos productivos, de tal forma que se logre establecer una dinámica de implementación y desarrollo (Ojala, 2016). Además, es el resultado de un proceso de planificación para guiar un negocio, que muestra cada particularidad de la empresa, desde los objetivos propuestos hasta las actividades cotidianas que se desarrollarán para alcanzarlos (Weinberger, 2009).

2.2 Estudio de mercado

Se define como la investigación que busca recopilar, procesar y analizar información sobre un mercado para apoyar la toma de decisiones estratégicas, reduciendo la incertidumbre y valorando con mayor realismo los riesgos inherentes a un proyecto. Este proceso implica examinar de manera sistemática a los consumidores, a la competencia y el entorno comercial en general, con el fin de determinar la viabilidad de un producto o servicio y optimizar las estrategias de marketing (Fundación Pública Andaluza, 2019).

2.3 Análisis técnico

El objetivo principal es evaluar la factibilidad de fabricar el producto o servicio con la calidad, cantidad y costo requeridos. Se deben identificar tecnologías, maquinarias,

equipos, materias primas, suministros, consumos unitarios, procesos, ordenamiento de procesos, recursos humanos, proveedores, etcétera (Varela, 2008).

2.4 Análisis financiero

Determina las necesidades de recursos financieros para un proyecto u organización, las fuentes de financiamiento, sus condiciones y la probabilidad de acceso a ellas. Además, si se utiliza financiamiento, se debe identificar los gastos financieros y los pagos de capital propios del préstamo (Varela, 2008).

2.5 Impacto ambiental y socioeconómico de los residuos agroindustriales

La mala gestión de los residuos de piña, que incluye su lenta descomposición y el uso de agroquímicos, provoca graves problemas ambientales como la contaminación del agua y la quema de materia orgánica (Universidad Nacional de Costa Rica, 2019). Además de estos impactos ambientales, la industria piñera enfrenta importantes consecuencias socioeconómicas, como multas, mala reputación y la pérdida de valor económico. Por esta razón, la inversión en tecnologías que transforman estos residuos no es solo una solución ambiental, sino también una estrategia económica que crea valor a partir de los desechos y reduce los pasivos ambientales (Jaime Isaza Cadavid, 2022).

2.6 Cáscara de piña como fuente de celulosa

La cáscara de piña, como parte principal del residuo agroindustrial, es una rica fuente de celulosa, un polímero natural con vastas aplicaciones. Sin embargo, su aprovechamiento requiere un entendimiento profundo de su composición y la aplicación de métodos de extracción específicos. La cáscara de piña es una biomasa lignocelulósica ideal para la

industria debido a su alta concentración de celulosa (44.04 %) y baja lignina (12.34 %). Esta composición única reduce la necesidad de procesos de deslignificación agresivos y costosos, lo que la hace más competitiva que otras fuentes de biomasa. Además, la lignina extraída puede ser aprovechada en la producción de bioenergía y otros productos de valor, proyectando la cáscara de piña en una materia prima sostenible y atractiva para la extracción de celulosa (Fonseca *et al.*, 2020).

2.7 Propiedades físicas, mecánicas y funcionales de los bioplásticos

Los bioplásticos derivados de la piña no solo son una alternativa sostenible a los plásticos convencionales, sino que también ofrecen propiedades funcionales adicionales que los hacen altamente competitivos. Materiales como el bioplástico de PLA y fibra de hoja de piña demuestran una mayor resistencia al calor, mejores temperaturas de fusión y propiedades de barrera superiores. Además, poseen características antimicrobianas que inhiben el crecimiento de patógenos transmitidos por los alimentos, como la *Salmonella* (García, 2021). Las espumas de poliuretano de cáscara de piña también exhiben interesantes propiedades térmicas y mecánicas. Así mismo, algunos productos, como los platos de Lifepack, no solo son biodegradables, sino que también contienen semillas que germinan al ser desechados, añadiendo un valor ecológico. Esta naturaleza multifuncional permite a estos bioplásticos abordar necesidades complejas en diversas industrias, como el envasado activo y la agricultura inteligente, aumentando su potencial de mercado y rentabilidad (Insider, 2021).

3. Metodología

En la primera etapa se llevó a cabo un estudio de mercado que constituyó la fase inicial de la investigación. Esto incluyó la identificación y medición de la demanda y oferta, el análisis de precios y la evaluación de los canales de comercialización. El objetivo fue recopilar datos directos, actualizados y confiables de las empresas objetivo (principalmente, la industria del delivery en Bucaramanga) para analizar la viabilidad del proyecto y su potencial en el mercado. En la Figura 1 se muestra el diagrama metodológico.

La segunda etapa se centró en el estudio técnico, que abarcó el análisis de los aspectos operativos del proyecto, desde la definición detallada del producto hasta la selección de la tecnología y maquinaria adecuada. Esto incluyó la formulación del proceso de producción, la elección de materias primas, el diseño de la planta, su capacidad y ubicación, así como la identificación de posibles riesgos y la definición de medidas de contingencia, todo dentro de los parámetros legales establecidos.

Finalmente, en la tercera etapa se evaluaron y cuantificaron los recursos financieros necesarios para establecer y operar el proyecto, así como los ingresos y gastos potenciales. Este análisis incluyó la estimación de los costos de inversión y operativos, y los ingresos esperados por la venta de productos o servicios, considerando el precio de venta y la demanda del mercado. Con esta información se calcularon indicadores financieros como el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión, con el objetivo de determinar la viabilidad y rentabilidad de la planta.

Figure 1 Diagrama metodológico



4. Estudio de mercado

Se realizó un estudio de consumo al mercado objetivo para poder pronosticar las ventas de la empresa en el posterior análisis financiero. Esta información se recolectó por medio de un cuestionario estructurado; en la Tabla 1 se detalla la descripción del mercado objetivo.

Tabla 1 Mercado objetivo

Mercado Meta	
Descripción de cliente	Restaurante con servicio a domicilio
Ubicación	Barrios estrato 3, 4,5 y 6
Características	Disminuir la contaminación por plásticos
Que valora	La calidad e innovación
Tamaño del mercado	6.215
Estado de la demanda	Latente
Rol	Agente
Iniciador	Clientes que frecuentan el uso de domicilios
Influenciador	Publicidad, amigos, parientes, clientes
Quien decide	Administrador o gerente del establecimiento
Comprador	Local

Nota. El tamaño de mercado se obtuvo a partir de la información de la plataforma *compite 360* (Cámara de comercio Bucaramanga)

4.1 Diseño de la investigación

Para determinar las tendencias del mercado referentes al tipo de envases utilizados con regularidad, y conocer el interés frente a la adquisición de envases a partir de material biodegradable, se optó por recolectar la información en la población objetivo a partir de la aplicación de una encuesta a una muestra representativa. El cuestionario (Anexo A) se aplicó de forma directa y presencial durante 15 días, a partir del 18 de Julio de 2025, a los propietarios y administradores del sector de servicio de comida en el área metropolitana de Bucaramanga.

Para calcular el tamaño de una muestra representativa en el sector de servicios de comida, empleando la Ecuación 1 descrita por Garcia-Garcia *et al.*, (2013), se investigó, a través de la plataforma *compite 360*, la cantidad de empresas legalmente constituidas en la Cámara de Comercio de Bucaramanga que se dedican al sector 9 (alojamiento y servicios de comida). La población total son 6.215 empresas pertenecientes a los estratos 3 al 6.

$$n = \frac{Nz^2pq}{d^2(N - 1) + z^2pq} \quad Ec. (1)$$

Donde, N es Tamaño de población (6215); Z el Nivel de confianza (1,90); p la Probabilidad de éxito (0,5); q la probabilidad de fracaso (0,5); d el error máximo admisible en términos de proporción (0,1); y n el tamaño de la muestra. Se seleccionaron aleatoriamente 67 empresas del área metropolitana de Bucaramanga.

4.2 Análisis de resultados

Los envases de poliestireno (icopor) son ampliamente preferidos por los establecimientos de alimentos que prestan servicios a domicilio, debido a su alta disponibilidad en el mercado y a la limitada oferta de opciones sostenibles en los

canales de comercialización, lo que los convierte en el principal competidor para abarcar el mercado por parte de la empresa. Los datos presentados en la Figura 2 evidencian esta preferencia.

Figura 2 Tipo de material de preferencia para empacar el producto

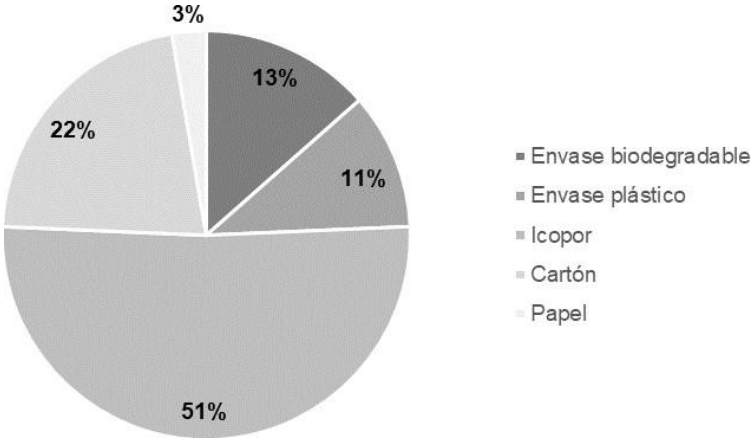
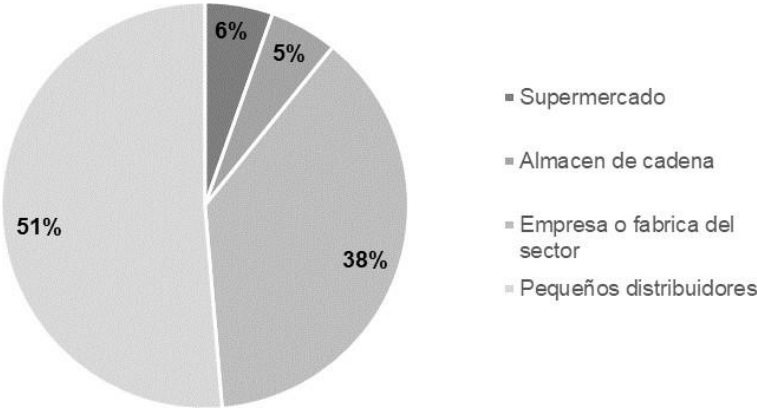


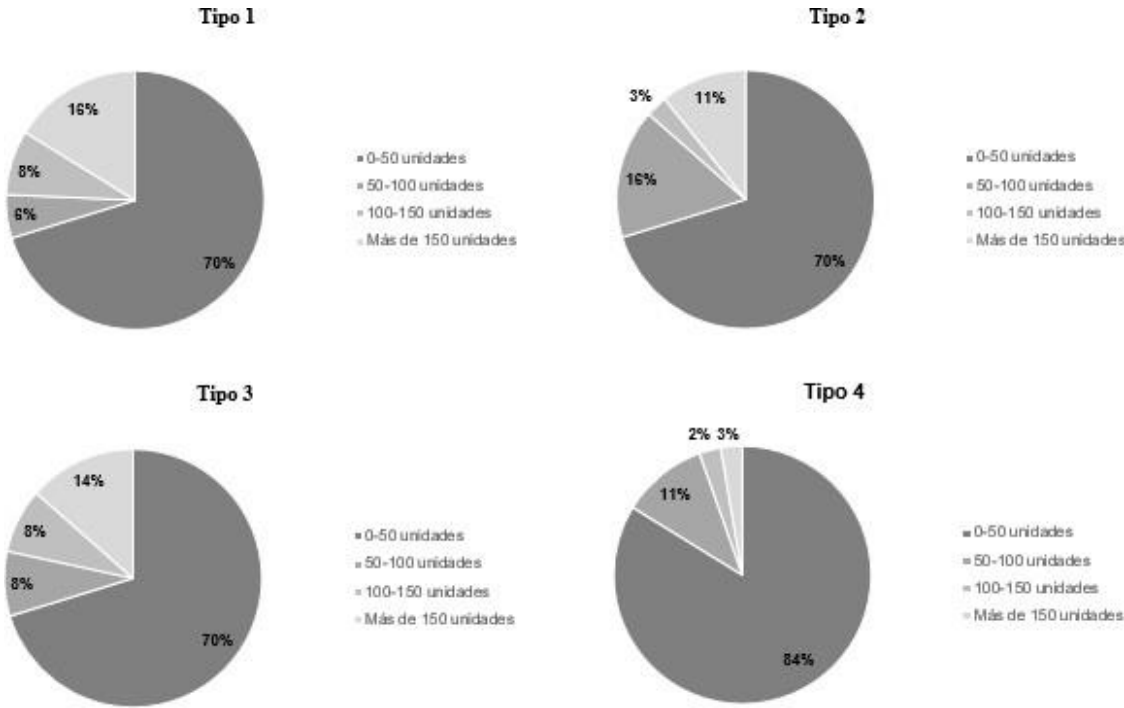
Figura 3 Tipo de distribuidor que frecuenta



En la Figura 3 se observa que los distribuidores más frecuentados son aquellos que ofrecen una ventaja en precio, cantidad y referencias de los envases. Se prefieren adquirir en pequeños distribuidores como tiendas especializadas o directamente en la empresa o fábrica

que produce estos recipientes. Esta información permite identificar el canal de comunicación más apropiado con el mercado objetivo.

Figura 4 Demanda semanal sobre los 4 tipos de empaques consultados

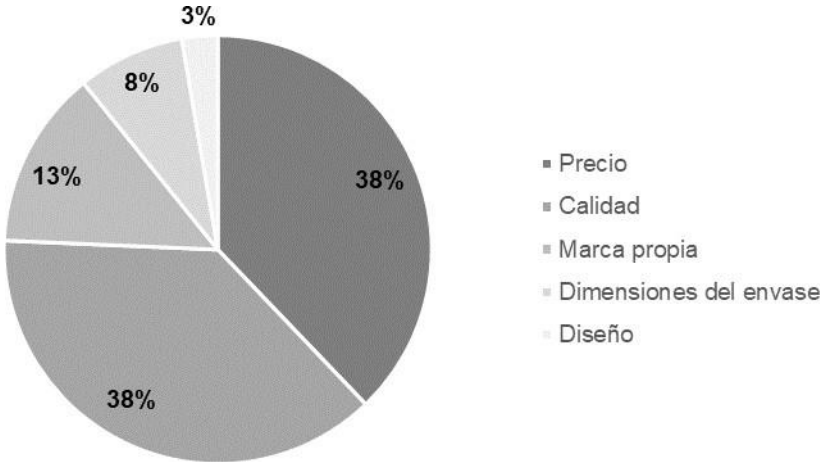


La Figura 4 muestra que la mayoría de empresas encuestadas presentan una demanda entre 0 y 50 unidades semanales de los 4 tipos de envases presentes en el cuestionario. Aunque los envases tipo 1 y 3 presentan una proporción significativa, esta información permite aproximar el volumen de producción de la empresa para abastecer al mercado y evitar sobredimensionar la producción. Además, es relevante para el estudio de factibilidad del proyecto que se expondrá más adelante, estimando la porción del mercado a suplir.

A partir de los datos de la Figura 5 se puede afirmar que los aspectos con mayor impacto en el cliente son el precio y la calidad del recipiente, factores principales para tener en cuenta en el proceso productivo si se quiere una oportunidad real en el mercado. Además,

se puede tener en cuenta el interés de los establecimientos en reflejar su marca en los envases, que sería un factor diferencial en cuestiones de marketing.

Figura 5 Aspecto fundamental para comprar envases



Si bien no hay una tendencia marcada sobre el conocimiento o desconocimiento de la marca de envases que las empresas compran (Figura 6), se pudo observar un creciente interés de los establecimientos sobre la marca donde se consiguen los mismos, presentando una oportunidad para construir un nombre en el imaginario colectivo de los consumidores.

Por otra parte, la ley 2232 del 7 de julio de 2022, “por la cual se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso”, juega un papel fundamental para la concepción de la empresa. Si bien la mayoría de las empresas no conocían esta reciente normativa (Figura 7), el sector económico deberá migrar a opciones más sostenibles a corto plazo, presentando una oportunidad de mercado

Figura 6 Conocimiento sobre la marca de los envases que compra

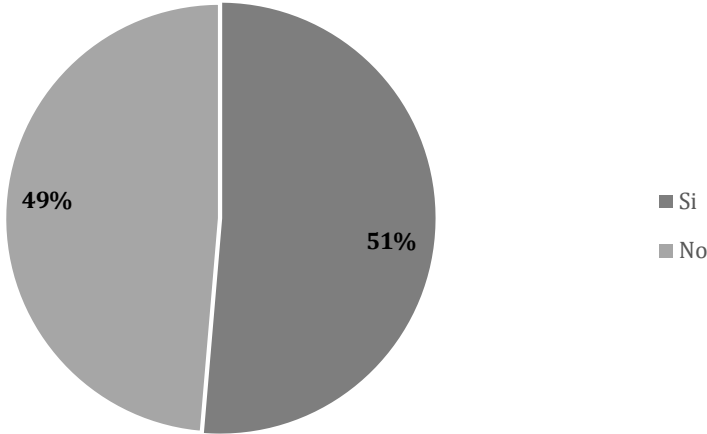
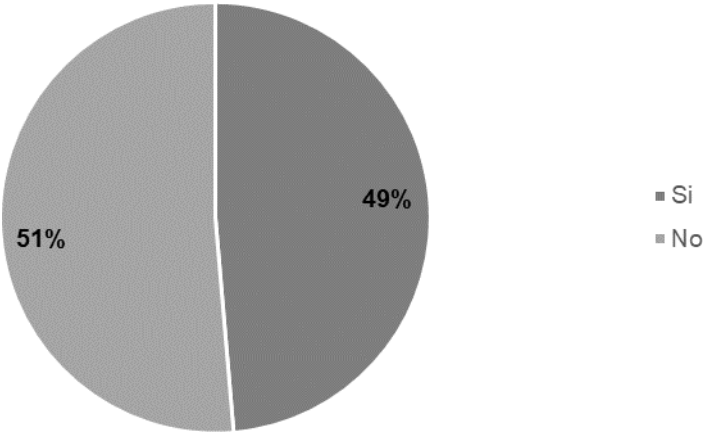


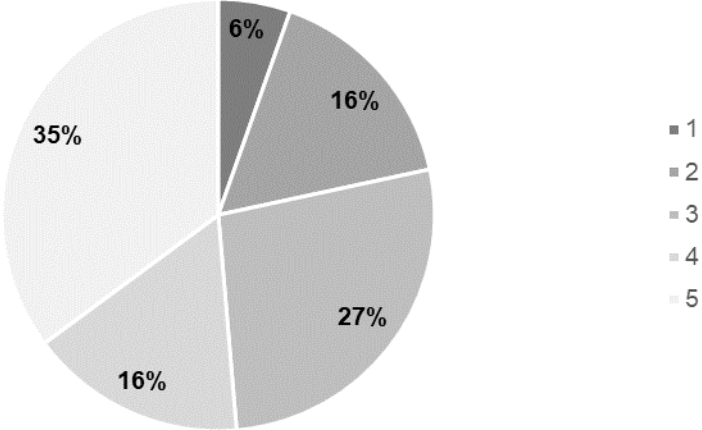
Figura 7 Conocimiento sobre la ley 2232 del 7 de Julio de 2022



El rango de precios para la comercialización del producto se identificó a partir de la búsqueda de precios de competidores similares que están en el mercado, como la empresa Purabox, que promedia 950 pesos por unidad, o Tuempaque, cuyo promedio de precios es de 800 pesos por unidad. Teniendo en cuenta esta información, se fijó un rango de 700-1.000 pesos colombianos. En la Figura 8 se puede observar que la mayoría de establecimientos presentan interés en adquirir el producto a este valor. Algunas de las empresas cuestionadas

mencionan que la mayor restricción para adquirir envases a partir de bioplásticos es su elevado costo, superior al rango propuesto anteriormente.

Figura 8 Interés en el producto cuyo costo ronda entre 700-1000 pesos colombianos por unidad



5. Estudio técnico

5.1 Descripción técnica del proceso

La producción de bioplástico a partir de cáscara de piña es un proceso que consiste en la síntesis de un biopolímero de alto rendimiento, llamado polihidroxitirato (PHB), mediante fermentación microbiana. Este método es considerado la ruta más viable a gran escala (Chouhan A, 2025). Todo comienza con la preparación de la materia prima, donde las cáscaras de piña se someten a limpieza y trituración para reducir su tamaño de partícula, lo que aumenta el área de superficie y facilita las etapas siguientes. Para la producción a escala industrial, se utiliza maquinaria especializada como trituradoras de biomasa o molinos de martillos, que tienen una capacidad de procesamiento de entre 0.5 y 4 toneladas por hora (DiCYT, 2012).

Una vez preparada la biomasa, se procede a la etapa de hidrólisis enzimática. El objetivo es descomponer los polisacáridos complejos de la cáscara de piña, como celulosa, hemicelulosa y pectina, en azúcares simples (monosacáridos) que puedan ser consumidos por las bacterias. Para lograr esto, se emplean enzimas específicas como la celulasa y la xilanasas, que actúan de manera sinérgica para romper la estructura lignocelulósica de la biomasa (Decheco Egúsquiza A. C., 2018). Posteriormente, la fermentación se lleva a cabo en un biorreactor industrial, donde el sustrato de azúcares obtenido de la hidrólisis se inocula con bacterias como la *Bacillus subtilis*, que es la cepa más rentable para la producción a escala industrial (Singh, M, 2009). Esta etapa se desarrolla en dos fases: primero, se busca maximizar el crecimiento de la biomasa bacteriana en un medio de cultivo con nutrientes, y luego se inducen condiciones de estrés metabólico (como la limitación de nitrógeno o fósforo) para que las bacterias comiencen a almacenar carbono en forma de gránulos

intracelulares de PHB. En condiciones adecuadas, una sola célula puede acumular hasta un 80 % de su masa seca en este biopolímero. El control preciso de parámetros como temperatura, pH y aireación, es fundamental para un alto rendimiento (Cárdenas Peña S. N. & Castillo Bernal N. J, 2023).

Cuando las bacterias han acumulado la cantidad máxima de PHB, se inicia la etapa de extracción. El objetivo es romper la pared celular (lisis celular) para liberar los gránulos de polímero. Un método común de laboratorio utiliza hipoclorito de sodio, pero las tendencias industriales se orientan hacia métodos más sostenibles que evitan solventes agresivos. Existe una patente que describe un proceso alternativo que utiliza el dodecilsulfato de sodio (SDS) para coagular y separar el polímero. El PHB extraído se purifica mediante la precipitación con solventes fríos como el ácido acético para eliminar impurezas y, finalmente, se seca en una estufa a una temperatura controlada hasta obtener un polvo o gránulos de PHB de alta pureza (Ramos Farfán A. F., 2019).

El último paso es el moldeo industrial, donde el PHB purificado y seco se transforma en productos finales. Este polímero tiene las propiedades de un termoplástico y puede ser procesado utilizando técnicas de moldeo estándar, principalmente la extrusión y el moldeo por inyección. La extrusión, que utiliza extrusoras de doble husillo, es útil para fabricar productos con una sección transversal uniforme, como películas de embalaje o filamentos para impresión 3D. Por otro lado, el moldeo por inyección es el método preferido para crear piezas tridimensionales con alta precisión y detalle, como empaques para comida o utensilios de un solo uso. Para ambos procesos, la temperatura del material (entre 210 y 240 °C) y la presión (entre 333,6 y 381,3 atm) son parámetros que influyen en la obtención de piezas consistentes y de alta calidad (Jieya, 2024).

5.2 Diagrama de flujo del proceso

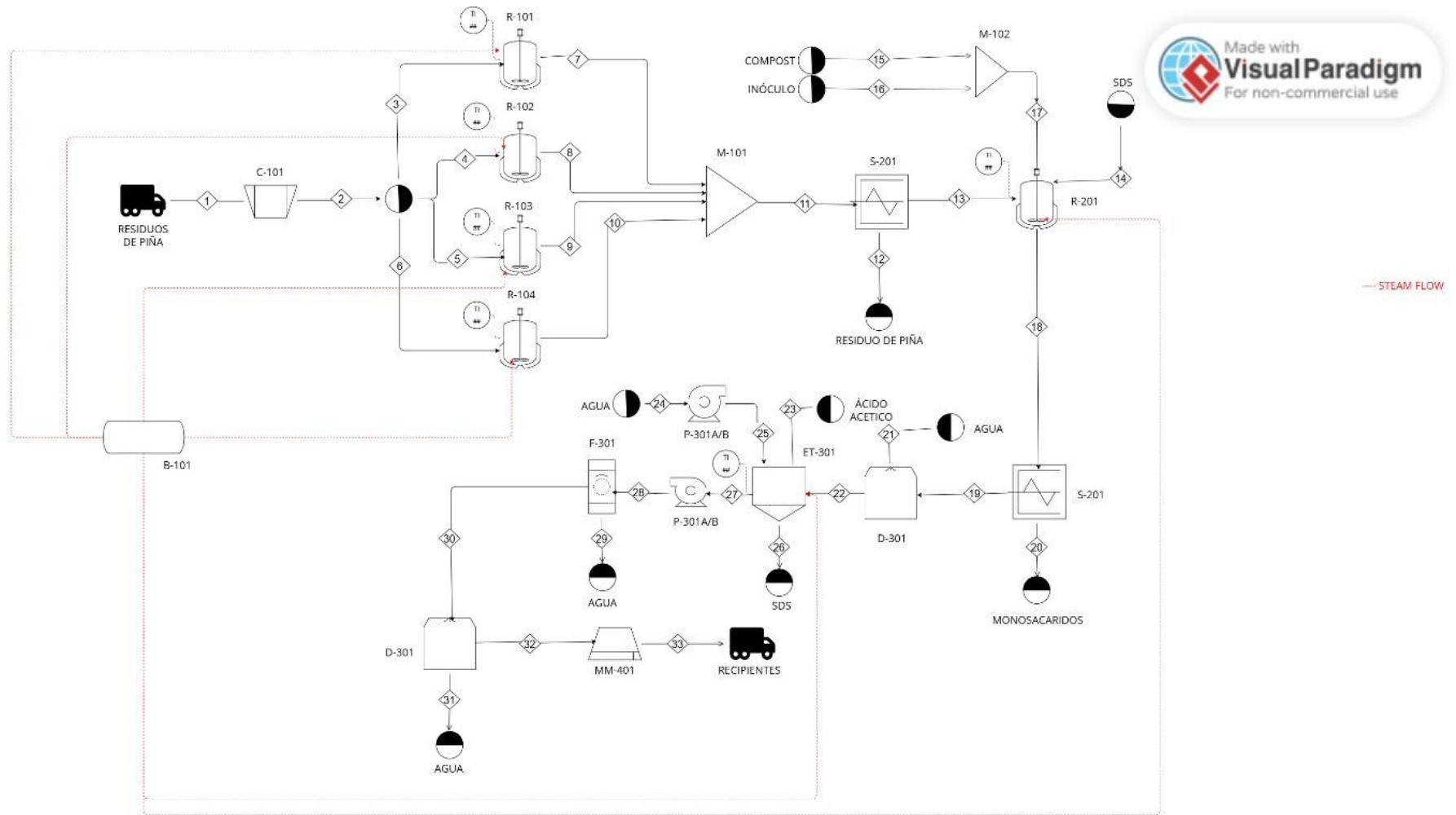


Figura 9 Diagrama de flujo del proceso.

De acuerdo con el proceso mostrado en la Figura 9, la corriente 1 se somete a una etapa de acondicionamiento mecánico de materia prima, donde experimenta una reducción de tamaño mediante un equipo de trituración (molino/trituradora) hasta alcanzar la distribución granulométrica requerida. Posteriormente, el material particulado (corriente 2) es alimentado a un tren de cuatro reactores en paralelo donde se lleva a cabo la hidrólisis para la conversión de polisacáridos. Las corrientes que salen de los reactores se mezclan y el flujo resultante es conducido a una unidad de separación sólido-líquido (decantador centrífugo), cuyo objetivo es la clarificación y recuperación de la fase líquida rica en monosacáridos (azúcares simples). El flujo de monosacáridos (corriente 13) ingresa a un biorreactor de fermentación, donde se inocula el microorganismo para la síntesis de polihidroxibutirato (PHB). El caldo de fermentación resultante (corriente 18) es enviado a una segunda etapa de centrifugación para la separación celular y la obtención de la biomasa concentrada que contiene el PHB. La biomasa húmeda (corriente 19) es sometida a un proceso de enfriamiento y, posteriormente, a un secado por contacto con aire caliente en un secador rotativo de rastrillo al vacío, reduciendo su contenido de humedad antes de la etapa de extracción del polímero. La biomasa seca (corriente 22) pasa a la unidad de extracción, donde el PHB se disuelve selectivamente y, finalmente, la solución polimérica es alimentada a un tambor rotatorio (evaporador/cristalizador) para la remoción del solvente, obteniendo el PHB sólido. Este polímero se somete a un secado final para alcanzar la humedad residual especificada, preparándolo para la etapa de moldeo (conformado).

5.3 Materia Prima

Cáscara de piña: es la principal materia prima y la fuente de carbono para la producción. Este residuo agroindustrial es rico en polisacáridos complejos como celulosa y hemicelulosa,

que deben ser descompuestos en azúcares simples. La cáscara representa una fuente de biomasa de bajo costo, algo llamativo para la producción a escala industrial.

Enzimas (celulasa): catalizadores biológicos esenciales para el proceso de hidrólisis. Descomponen la estructura lignocelulósica de la cáscara de piña en azúcares simples, principalmente glucosa, sin generar subproductos tóxicos. La celulasa se encarga de romper los enlaces de la celulosa, aunque en la práctica se usa en combinación con otras enzimas como la xilanasas para una degradación completa.

Medio de cultivo y nutrientes: las bacterias necesitan un medio de cultivo estéril con nutrientes esenciales como nitrógeno y fósforo para crecer y reproducirse. Durante la fermentación, la limitación de estos nutrientes induce un estrés metabólico, haciendo que las bacterias dejen de crecer y comiencen a almacenar carbono en forma de PHB.

Inóculo bacteriano (*Bacillus subtilis*): cepa bacteriana que se cultiva y se utiliza para la fermentación. Un previo evaluó la capacidad de producción de PHB por la cepa *Bacillus subtilis*, utilizando la cáscara de piña como sustrato (Cárdenas Peña S. N., 2023).

El dodecil sulfato de sodio (SDS): agente tensioactivo ampliamente utilizado en bioprocesos por su capacidad para desestabilizar y romper membranas celulares. El SDS cumple la función de facilitar la lisis de la biomasa bacteriana después de la fermentación, permitiendo liberar los gránulos intracelulares de PHB. Su incorporación mejora la eficiencia de la extracción inicial al disminuir la resistencia estructural de la pared celular, lo que reduce tiempos y energía necesarios en etapas posteriores de separación (Ramos Farfán, A. F, 2019).

Ácido acético: se emplea como solvente alternativo para la solubilización del PHB. El ácido acético permite disolver el PHB bajo condiciones controladas de temperatura y

concentración, manteniendo su peso molecular y evitando degradación significativa del polímero (Ramos Farfán, A. F, 2019).

5.4 Capacidad instalada

Para estimar la capacidad de producción mensual de la planta se utilizaron los datos de cantidad promedio de envases obtenidos en el estudio de mercado. El cálculo de la cantidad mensual promedio solicitada de cada envase se realizó a partir una suma del promedio aritmético de los intervalos encuestados, teniendo en cuenta la proporción de los resultados convertido a una demanda mensual (4 semanas). La cantidad mensual promedio de cada envase fue de 240, 210, 232 y 148 unidades para los envases 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

La demanda potencial (D_p) se estimó con la Ecuación (2), donde Q es la cantidad promedio de envases, U el tamaño de la población y P el porcentaje de participación, el cual se fijó en 3 % de acuerdo con lo recomendado por Ramírez, (2015), quien expone 3 elementos para fundamentar la aproximación: el tamaño, la cantidad de competidores, y la semejanza de sus productos.

$$D_p = Q * U * P \quad (2)$$

Para el envase 1 se proyectan 44.750 unidades/mes, 39.160 unidades/mes para el envase 2, 43.260 unidades/mes para el envase 3, y 27.590 unidades/mes para el envase 4. Con base en esto, la producción mensual de la planta corresponde a 154.760 unidades/mes. Para cumplir con la producción se estiman 8 lotes mensuales de 20.274 unidades cada uno, totalizando una producción de 1.987.000 unidades anuales, con un margen diferenciador de 3 % en caso de algún incidente (desperfectos industriales, contaminación en los tiempos de fermentación, entre otros). Este porcentaje es típico en producción de industrias que emplean el termoformado (Bejarano, 2003).

5.5 Especificaciones del producto

Tabla 2 Ficha técnica

FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO	
Nombre del producto	Empaque portacomida
Características del producto	Resistente hasta 120 °C (aceite-grasa) y agua a 95 °C Adecuado para congelador y refrigerador
Características de material de empaque	PHB obtenido a partir de la fermentación de residuos agroindustriales 100% Biodegradable
Características de fabricación	Termoformado del PHB obtenido
Presentación	Paquete x 20 unidades

Figura 10 Diseño del isologo



La ficha técnica del producto se presenta en la Tabla 2 y la Figura 10 muestra el isologo de la empresa, destacando los colores relacionados con la ciudad y el puente de la carrera

novena, una de las conexiones viales principales de Bucaramanga. Este logo será impreso, a través del termoformado, en cada unidad de bioempaque que se comercialice.

5.6 Necesidades y requerimientos

De acuerdo con la capacidad estimada, se proyectan 8 lotes mensuales de 20.700 unidades cada uno, teniendo en cuenta los tiempos de hidrolisis y fermentación propuestos por Decheco, (2018) y Cárdenas, (2023) de 30 y 36 horas, respectivamente. El requerimiento de materia prima para un lote se encuentra descrito en la Tabla 3; para realizar estas estimaciones se tuvo en cuenta el rendimiento de los residuos de piña en la hidrolisis, que según Decheco, (2018) es de 14,5 %, y un rendimiento del 29 % de azúcares en PHB por acción de las bacterias (Cárdenas, 2023). Los balances de masa se pueden encontrar en las hojas de cálculo ligadas en el Anexo B.

Tabla 3 *Materia prima requerida por lote de 20.700 unidades*




Insumo	Cantidad
Residuos de piña	18.820 kg
Enzima	278 kg
Compost	67 kg
Inoculo	83 kg
SDS	455 L
Ácido acético	205 L
Agua de lavado	7.580 L





5.7 Maquinaria y equipos requeridos




La estimación de la capacidad de los equipos requeridos se basó en los balances de masa y el volumen que se procesa en cada etapa de producción, con un factor de seguridad

de sobredimensionamiento del 15 % (Perry, 1992). En la Tabla 4 se muestran los equipos a emplear, su descripción y la capacidad necesaria (cálculos en el Anexo B).

Tabla 4 Equipos requeridos

Equipo	Etapas	Descripción	Especificaciones
Reactores de hidrolisis R-110 a R-140 	Hidrolisis de cascara de piña	Requerido para la conversión de los residuos de piña en azúcares simples aprovechables por los microorganismos en un proceso de 30 horas gracias a las enzimas.	Material: Acero inoxidable 304. Capacidad: 5.000 L Equipado con: Bomba y PLC para control
Centrifugadora S-301 	Separación azúcares	Requerida para las etapas de separación de residuos no aprovechables de las cascara de piña y de la solución de azúcares en la etapa de extracción de PHB	Material: Acero inoxidable 304. Capacidad: 3.000-10.000 L/h Velocidad de rotación: 4000 Rev/min Potencia del motor: 27,5 kW Equipada con: control PLC
Reactor fermentador R-201 	Reacción PHB	Requerido para la formación de PHB dentro de las células de las bacterias a través de la fermentación de los azúcares extraídos de los residuos de la piña.	Material: Acero inoxidable 304. Capacidad: 4.000 L Rotación: 35-43-60 Rev/min Potencia del motor: 1,5 kW Equipado con: chaqueta y control PLC
Secador D-301	Secado biomasa y extracción PHB	Requerido para el secado de los residuos de las células luego de la ruptura de la pared celular y la posterior	Material: Acero inoxidable 304. Capacidad: 1.800 L Rotación: 5-12 Rev/min

	purificación del PHB	Potencia del motor: 15 kW Equipado con: Bomba de vacío y control PLC
<p>Extractor ET-301</p> 	Extracción de PHB	Requerido para la extracción de PHB de la mezcla con SDS posterior al primer secado. Material: Acero inoxidable 204. Capacidad: 11.000 L Equipado con: Bomba de transferencia
<p>Filtro de tambor rotatorio F-301</p> 	Extracción de PHB	Requerido para retirar el agua en exceso de la extracción de PHB realizada en la etapa anterior. Área de filtrado: 5 m ² Diámetro del tambor: 1,6 m Rotación: 0,1-2 Rev/min Potencia del motor: 1,5 kW
<p>Máquina de termoformado MM-401</p> 	Moldeo de recipientes	Requerido para el moldeo de los recipientes biodegradables a partir del PHB. Tamaño de formación: 560*610 mm Grosor de material: 0,2-2 mm Velocidad de moldeo: 50-300 moldes/h Potencia para la calefacción: 16 kW
<p>Caldera B-101</p>	Producción de vapor	Requerido para suministrar energía a los diferentes reactores y extractor Producción de vapor: 3 toneladas/hora Material: Acero al carbón Volumen: 24 m ²

	<p>Extracción de PHB</p>	<p>Requerido para impulsar el agua en la entrada y salida del extractor</p>	<p>Material: acero inoxidable Poder del motor: 11Kw Diámetro nominal: 200mm</p>
<p>Bomba centrífuga P-301</p> 	<p>Pretratamiento</p>	<p>Requerido para reducir los residuos de la piña en la distribución granulométrica requerida</p>	<p>Material: Acero inoxidable Potencial del motor: 114Kw Dimensiones: 8,5m(L), 1,9m(Ancho), 4,1m(Altura).</p>
<p>Trituradora C-101</p> 			

6. Estudio financiero

Para realizar el análisis financiero se tuvo en cuenta la información obtenida en el estudio de mercado, particularmente la demanda potencial, además del estudio técnico. A partir de estos resultados se calculó la inversión inicial, los costos de producción, egresos, ingresos y flujos de caja previstos durante un periodo de cinco años. Estos cálculos se realizaron teniendo en cuenta el formato propuesto por el Fondo Emprender del SENA, facilitado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión UIS, particularmente los rubros relacionados con la inversión y costos, así como los indicadores financieros para evaluar la factibilidad del proyecto.

6.1 Inversión inicial

La Tabla 5 presenta las inversiones realizadas para poner en marcha la empresa, donde se incluyen: costos de inversión por concepto de maquinaria, equipos, mobiliario (muebles necesarios para las actividades de producción, almacenamiento y administrativas) y las adecuaciones en planta, tales como la instalación de los equipos y las modificaciones de infraestructura necesarias.

Tabla 5 *Inversión inicial*

Inversión inicial	
Rubro	Valor total
Maquinaria y equipos	\$ 557.238.557
Mobiliario	\$ 981.118
Adecuaciones en planta	\$ 103.129.486
TOTAL	\$ 661.349.160

Como se puede observar, se obtiene un valor de inversión inicial total de \$661.394.160. Este cálculo tuvo en cuenta los costos de nacionalización de la maquinaria, fijados en un promedio de 31 % adicional al costo de los equipos (Arlia, 2025), y el IVA del 19 % (Coordinadora, 2024). Los cálculos detallados se encuentran en el Anexo C.

6.2 Costos de operación

Corresponden a materias primas e insumos, mano de obra directa, indirectos, servicios industriales y administrativos. Se presenta un resumen de estos ítems para el primer año en la Tabla 6, mientras que el cálculo detallado se expone en el Anexo C.

Tabla 6 Costos de producción

Costos de producción					
Año	Unidades de producto	MP e Insumos	MOP	CIF	TOTAL
1	1.987.000	\$ 931.643.331	\$ 518.875.778	\$ 602.569.355	\$ 2.053.088.464
2	1.987.000	\$ 991.622.529	\$ 563.543.943	\$ 641.362.770	\$ 2.196.529.234
3	1.987.000	\$ 1.055.463.188	\$ 566.811.470	\$ 682.653.705	\$ 2.304.928.363
4	1.987.000	\$1.123.413.908	\$ 615.898.788	\$ 726.602.950	\$ 2.465.915.647
5	1.987.000	\$1.195.739.295	\$ 619.897.346	\$ 773.381.648	\$ 2.589.018.290

Nota. Sea: MP (materia prima), MOP (mano de obra de producción), CIF (costos indirectos de fabricación)

Los costos de materia prima e insumos corresponden a celulosa, compost, inóculo de las *Bacillus Subtilis*, SDS, ácido acético y agua de lavado. Los valores de los años posteriores se calcularon a partir del promedio de la inflación en Colombia, proporcionado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2026).

Los costos de mano de obra directa representan los salarios de los operarios, el gerente, un ingeniero de procesos, y el auxiliar contable. La asignación de cada salario se hizo de acuerdo con el SMMLV, tomando el de 2025 como año base, junto con los auxilios

de prestaciones, pensión, salud y parafiscales. Finalmente, estos costos se proyectaron haciendo uso de la inflación para los cinco años de la etapa inicial del proyecto.

Los servicios industriales representan una parte de los costos indirectos de fabricación de la producción, que fueron calculados teniendo en cuenta los requerimientos de energía, agua y gas natural para cada equipo, tomando las tarifas dadas por el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, Vanti (gas natural) y la Electricadora de Santander, ESSA. También se consideraron los costos de arrendamiento de la planta, las certificaciones de la norma ISO 9001, la renovación anual de la matrícula mercantil, los gastos en publicidad y marketing, el valor del flete anual del transporte de los residuos sólidos del municipio de Lebrija a Girón, artículos de aseo, mantenimiento y reparación. La proyección de estos costos se realizó respecto a la inflación anual.

6.3 Fuentes de ingresos

Los ingresos se obtendrán por la comercialización de los bioempaques. Con base en la capacidad instalada y los resultados del estudio de mercado, se fija un precio de venta de COP\$ 850 por unidad para el primer año, teniendo en cuenta que este valor aumentará con la inflación. En la Tabla 7 se describen los valores de los ingresos anuales y sus proyecciones para los 5 años de la etapa (cálculos al detalle en el Anexo C).

Tabla 7 Ingresos anuales

Año	Unidades vendidas	Ingresos totales
1	1987000	\$ 1.688.950.000
2	1987000	\$ 1.797.684.601
3	1987000	\$ 1.913.419.536
4	1987000	\$ 2.036.605.485
5	1987000	\$ 2.167.722.146

6.4 Formatos Financieros

En la Tabla 8 se presenta un resumen de los resultados financieros obtenidos para el proyecto durante los primeros 5 años de operación. La utilidad bruta hace referencia a valor total de las ventas anuales menos el valor de los costos directos de producción; es decir, el valor de materias primas, mano de obra de producción y costos de operación de la empresa. La utilidad operativa es la utilidad bruta restando los gastos administrativos, de ventas y logísticos o de distribución, mientras que la utilidad neta es el resultado del descuento de interés, impuestos, depreciaciones y amortizaciones a la operativa. De acuerdo con la proyección, la empresa no obtendrá utilidades positivas en ningún periodo de la proyección.

Tabla 8 Resultados financieros

Estado de resultados	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Utilidad bruta	\$ -44.010.518	\$ -56.943.355	\$ -37.081.592	\$ -50.641.107	\$ -28.139.620
Utilidad operativa	\$ -364.323.464	\$ -399.041.543	\$ -391.718.415	\$ -429.533.243	\$ -421.533.586
Utilidad neta	\$ -403.618.785	\$ -438.336.863	\$ -431.013.735	\$ -468.828.563	\$ -460.828.906

6.5 Análisis de viabilidad

Se calcularon los siguientes indicadores financieros: tasa de descuento, que hace referencia a la tasa mínima de rendimiento a la que aspira el inversionista, fijada en 9 % teniendo en cuenta la tasa de inversión para los proyectos del sector público como referencia (DNP. 2022); tasa interna de retorno (TIR), que indica la tasa de rentabilidad que ofrece una inversión; valor presente neto (VPN); plazo de recuperación (*payback*); y el retorno de la inversión (ROI). Estos indicadores se resumen en la Tabla 9.

Tabla 9 Criterios de decisión

Inversión inicial	
Rubro	Valor total
Tasa de descuento	9 %
Tasa interna de retorno (TIR)	-51.11 %
Valor presente neto (VPN)	\$ -2.365.039.822
Plazo de recuperación (PAYBACK)	No aplica
Retorno de la inversión (ROI)	-358 %

Dado que el VPN es negativo, se puede afirmar que el proyecto no generaría utilidades. La TIR indica que el proyecto no tendrá resultados positivos y, de hecho, habría pérdidas en los años de producción. En cuanto al *payback*, se observa que la inversión no se podrá recuperar durante el periodo estudiado. Finalmente, el ROI arroja que la empresa tendría pérdidas del 358 % debido al alto costo de operación. En resumen, el proyecto presenta desafíos clave en la etapa de producción, particularmente el rendimiento de las reacciones de hidrólisis enzimática y la fermentación para la producción de PHB, pues la obtención de esta materia prima, específicamente de la celulosa y el inóculo de la bacteria *Bacillus Subtilis*, representa el 35% de los egresos totales anuales de la empresa. Por otro lado, la cantidad de materia prima necesaria para la producción estimada requiere equipos de grandes dimensiones, lo que repercute en el costo de los mismos y en el arrendamiento de la planta de producción, que es el siguiente rubro de gran impacto en el análisis financiero de la empresa. Si bien se pueden realizar modificaciones diseño del proceso, tales como el reciclaje de los residuos de piña, los bajos rendimientos en el caso del inóculo representarían un costo injustificable, por lo que es necesario enfocar investigaciones hacia nuevos métodos de fermentación de los azúcares extraídos en la etapa inicial, o focalizar los esfuerzos en la

maduración tecnológica de los métodos existentes, pues, un incremento en el rendimiento de la reacción representaría una oportunidad para la viabilidad económica del proyecto.

Conclusiones

De acuerdo con el estudio de mercado, existe la necesidad de transición de empaques plásticos de un solo uso a recipientes biodegradables en la industria alimentaria en el área metropolitana de Bucaramanga, Santander, debido a la aplicación de la ley 2232 del 7 de julio de 2022. Adicionalmente, se pudo identificar el interés de los comercios establecidos en adquirir dichos recipientes por un precio de entre \$700 y \$1000 COP.

Se definieron las fases de producción de los bioempaques mediante un diagrama de proceso. En esta etapa se calcularon los requerimientos de materia prima para la capacidad instalada de la planta, definida en 1.987.000 unidades por año, con 8 lotes mensuales de 20.700 unidades que requieren 18,542 toneladas de residuos de cáscara de piña por lote debido, considerando un rendimiento del 14,5% en la hidrolisis enzimática. Además, se fijaron las características técnicas de los equipos requeridos y sus condiciones de operación.

El estudio financiero permitió identificar las debilidades económicas del proyecto, particularmente el costo elevado de las materias primas requeridas, debido al bajo rendimiento de las reacciones involucradas en el proceso. Un VAN de \$ -2.365.039.822 COP y una TIR de -51,11 % indican que la operación de la empresa genera pérdidas importantes al emprendedor a lo largo de un periodo de 5 años. Aunque el proyecto es factible técnicamente, el estudio realizado muestra que, actualmente, una planta de producción es inviable, pues los egresos totales de la empresa son considerablemente mayores a los ingresos, proyectados con un precio de venta inicial de \$850 COP por empaque. Por lo tanto, se identifica la necesidad de una madurez tecnológica en la extracción de PHB mediante la fermentación por medio de la bacteria *Bacillus Subtilis*, con el fin de obtener altos rendimientos que permitan un escenario viable desde el punto de vista financiero.

Referencias Bibliográficas

- Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología (DiCYT). (2012, 19 de noviembre). *Crean plástico biodegradable con desechos de piña y banano*. <https://www.dicyt.com/noticias/crean-plastico-biodegradable-con-desechos-de-pina-y-banano>
- Alcaldía de Bucaramanga. (2023). *Así opera El Carrasco actualmente*. Alcaldía de Bucaramanga. <https://www.bucaramanga.gov.co/noticias/asi-opera-el-carrasco-actualmente/>
- Amorós, E. (2007). *Comportamiento organizacional: En busca del desarrollo de ventajas competitivas*.
- Andalucía Emprende, Fundación Pública Andaluza. (2019). *Manual estudio de mercado*. <https://www.andaluciaemprende.es/wp-content/uploads/2019/02/MANUAL-ESTUDIO-DE-MERCADO.pdf>
- Arlia, L. (2025, septiembre 11). *¿Cómo calcular el costo total de una importación en Colombia? (Guía práctica 2025)*. Finkargo. <https://www.finkargo.com/blog/como-calcularel-costototal-de-una-importacion-en-colombia-guia-practica-2025/>
- Bejarano, J. L. (2003). *Termoformado del compuesto polietileno de alta densidad con refuerzo lignocelulósico*. Recuperado el 3 de diciembre de 2025, de <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/143c23d7-0702-4093-9314-9b802384d7cf/content>
- Business School Barcelona. (2024). *¿Qué es el análisis PESTEL?* EAE Business School. <https://www.eaebarselona.com/es/blog/analisis-pestel>
- Caldera de aceite térmico industrial de vapor de 2, 4, 6 y 8 toneladas a precio de fábrica. (s. f.). Made-in-china.com. Recuperado el 12 de noviembre de 2025, de https://es.made-in-china.com/co_yinuocontainer/product_2ton-4ton-6ton-8ton-Steam-Industrial-Thermal-Oil-Boiler-with-Factory-Price_yusiehgeuy.html
- Cárdenas Peña, S. N., & Castillo Bernal, N. J. (2023). *Obtención del polihidroxibutirato (PHB) a partir de la cáscara de piña usando la bacteria Bacillus subtilis* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25779/1/UPS-CT010824.pdf>
- Cardona, C. L. T., & Barreto, G. J. D. (2021). *Plan de negocios para la creación de una empresa de producción de yogurt en la zona de Toledo, Norte de Santander*. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/41852>

- Castro Jiménez. (2019). *Diseño de la planeación estratégica*. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1315&context=adminstracion_agronegocios
- Centrífuga industrial de cabezal horizontal de fábrica mayorista en China. (s. f.). Alibaba.com. Recuperado el 12 de noviembre de 2025, de https://www.alibaba.com/product-detail/Wholesale-China-Factory-Industrial-Horizontal-head_1601111463074.html
- Coordinadora, E. P. (2024, mayo 10). *Aprende cómo calcular el IVA de forma sencilla*. Coordinadora. <https://coordinadora.com/blog/como-calcular-el-iva/>
- DANE. (2026). *Índice de Precios al Consumidor (IPC) histórico*. Recuperado el 10 de enero de 2026, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc/ipc-historico>
- Deheco Egúsquiza, A. C. (2018). *Obtención de jarabes glucosados a partir de cáscaras de Ananas comosus (piña) mediante hidrólisis enzimática de celulasas* [Informe técnico, Universidad Nacional del Callao]. <https://repositorio.unac.edu.pe/item/05841abe-da8a-4f89-8d58-10530a29773e>
- Departamento Nacional de Planeación – Revista Jurídica. (2022). Recuperado el 18 de diciembre de 2025, de <https://www.dnp.gov.co/publicaciones/Revista-Juridica/Paginas/Adopcion-de-la-Tasa-Social-de-Descuento-para-la-evaluacion-de-proyectos-de-inversion.aspx>
- Díaz, M. N. C. (2023, 6 de noviembre). *Plan de negocios para la producción y comercialización de bioempaques obtenidos a partir de biomasa residual de cacao para la exportación de frutos y granos de cacao*. <https://noesis.uis.edu.co/items/fc4b1a18-8e36-47fb-8976-3d1b11c1a135>
- Estupiñán, G. L. K., & Camacho, D. R. (2024, 8 de noviembre). *Plan de negocios para la producción y comercialización de un licor cremoso a base de aguacate en el municipio de Tibasosa, Boyacá*. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/44602>
- Fernanda, B. G. L., & Enrique, B. A. J. (2023, 2 de marzo). *Plan de negocios para la producción y comercialización de bioempaques obtenidos a partir de biomasa residual del cacao*. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/12553>
- Filtro de vacío de tambor rotatorio nuevo de alta calidad para deshidratación de lodos. (s. f.). Alibaba.com. Recuperado el 12 de noviembre de 2025, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/High-Quality-New-Rotary-Drum-Vacuum-1601261115976.html>
- Fonseca, M., Rojas, J., & García, L. (2020). *Caracterización estructural, física y química de la fibra de rastrojo de la cosecha de piña (Ananas comosus Golden) como*

- alternativa para elaborar papel. ResearchGate.
<https://www.researchgate.net/publication/348067744>
- García, G. (2021, 16 de noviembre). *Innovan un bioplástico de hoja de piña para envasado de alimentos*. The Food Tech. <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/innovan-un-bioplastico-de-hoja-de-pina-para-ensado-de-alimentos/>
- García-García, J. A., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. C. (2013). *Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica*. Investigación en Educación Médica, 2(8), 217–224.
- Insider. (2021). *Platos hechos con restos de piña siembran plantas comestibles* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-zKs2aus3jU>
- Isabel, M. M. L. (2020). *Plan de negocios para la creación de una empresa productora y comercializadora de envases biodegradables a partir de las cáscaras de frutas en la ciudad de Bucaramanga*. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/40222>
- Jieya. (2024, 22 de febrero). *Extrusora de plástico biodegradable: Máquina extrusora de doble tornillo para pellets ecológicos*. <https://jieyatwinscrew.com/es/blog/guia-para-extrusora-de-plastico-biodegradable/>
- Martín, H., & Pezo. (2005). *Formulación y evaluación de proyectos tecnológicos empresariales aplicados*. CAB.
- Máquina de molienda de martillo para cáscara de yuca. (s. f.). Made-in-china.com. Recuperado el 12 de noviembre de 2025, de https://es.made-in-china.com/co_higaotech/product_Cassava-Flour-Hammer-Milling-Culling-Crushing-Sugar-Grinding-Machine_uorysnuhug.html
- Máquina termoformadora al vacío de blísteres de plástico. (s. f.). Alibaba.com. Recuperado el 12 de noviembre de 2025, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Plastic-Blister-Vacuum-Thermoforming-Machine-for-60674150141.html>
- Mojica, G. P. L., & Mojica, C. D. J. (2023, 12 de noviembre). *Plan de negocios para la producción y comercialización de cerveza artesanal de dátil (Phoenix dactylifera) en el municipio de Soatá, Boyacá*. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/15313>
- Mullins, J. (2013). *Marketing*. Heriot-Watt.
- Oficina Española de Patentes y Marcas. (2019). *Proceso de recuperación de polihidroxialcanoatos (PHAs) procedentes de una biomasa celular* (Patente ES2319537T3). Google Patents.
- Ojala, A. (2016). *Business models and opportunity creation*. Information Systems Journal, 16(5), 451–476. <https://doi.org/10.1111/isj.12078>

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Generación de modelos de negocio*.

Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1992). *Manual del ingeniero químico* (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Polanía, A. M., Londoño, L., Ramírez, C., Bolívar, G., & Aguilar, C. N. (2022). *Valorization of pineapple waste as novel source of nutraceuticals and biofunctional compounds*. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(5), 3593–3618. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02811-8>

Politécnico Jaime Isaza Cadavid. (2022). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales de piña*.
<https://www.politecnicojic.edu.co/images/downloads/investigacion/grupos/camer/productos/aprovechamiento-de-residuos-agroindustriales-pina.pdf>

Ramírez, M. (2015). *Guía de participación en el mercado*.
<https://mramirez32.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/06/guc3ada-de-participacion3b3n-en-el-mercado-de-un-emprendimiento.pdf>

Reactor de recipiente de acero inoxidable con agitador. (s. f.). Made-in-china.com. Recuperado el 12 de noviembre de 2025.

Reactor de tanque agitador con camisa química industrial. (s. f.). Alibaba.com. Recuperado el 12 de noviembre de 2025.

Revista Nova. (2016). *Elaboración de un papel ecológico a base de cogollos de piña*. *Revista Nova*, 2(2), 50–60.

Secador rotativo de rastrillo al vacío con calefacción de vapor. (s. f.). Alibaba.com. Recuperado el 12 de noviembre de 2025.

Tanque de extracción multifuncional. (s. f.). Alibaba.com. Recuperado el 12 de noviembre de 2025.

Universidad Nacional de Costa Rica. (2019). *Aprovechamiento de los residuos de piña para la producción de...* <https://repositorio.una.ac.cr/items/19860a43-9990-4f33-baae-fd84e71167f9>

Varela, R. (2008). *Innovación empresarial: Arte y ciencia en la creación de empresas*. Pearson Educación.

Weinberger, K. (2009). *Plan de negocios: Herramienta para evaluar la viabilidad de un negocio*. USAID.

Wichmann, J. R. K., Uppal, A., Sharma, A., & Dekimpe, M. G. (2022). *A global perspective on the marketing mix across time and space*. *International Journal of Research in Marketing*, 39(2), 502–521. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2021.09.001>

Wieland, H., Hartmann, N., & Vargo, S. (2017). *Business models as service strategy*. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 45, 925–943.

WWF Colombia. (2023). *Bucaramanga será el primer laboratorio de educación ambiental del país*. WWF Colombia. <https://www.wwf.org.co/?375230%2FBucaramanga-sera-el-primer-laboratorio-de-educacion-ambiental-del-pais>

APÉNDICES

Apéndice A: Encuesta

https://docs.google.com/forms/d/1XUzWivKaaxXm_CvrK04_dJhuYvit6Zf4CQ1FjwcbxKU/edit

¿Que tan interesado se encontraría de adquirir envases ecoamigables para alimentos, cuyo precio se encuentra en el intervalo de 700-1000 pesos colombianos (por unidad)? Marque de 1-5, siendo 1 muy poco interesado y 5 muy interesado. *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

¿Conoce la ley 2232 del 7 de Julio de 2022 sobre la reducción de la producción y consumo de productos plásticos de un solo uso? *

- Si
- No

¿Tiene presente la marca de los envases que compra habitualmente? *

- Si
- No

¿Que aspecto es el más fundamental a la hora de tomar la decisión de comprar envases que utiliza en su empresa? *

- Calidad
- Marca propia
- Precio
- Diseño
- Dimensiones del envase

¿Que tipo de distribuidor frecuenta para comprar los envases? *

- Almacen de cadena
- Supermercado
- Pequeños distribuidores
- Empresa o fabrica del sector

¿De que material están hechos los envases que utiliza para empacar el producto que envía a domicilio? *

- Icopor
- Envase plastico
- Carton
- Papel
- Envase biodegradable
- Otro

Apéndice B: Memoria de cálculo técnico

<https://correouisedu->

my.sharepoint.com/:x:/g/personal/ivan2200665_correo_uis_edu_co/IQD

B8ufy0vAsT7q3X-Fwe29YAdc_Gcg1OObrIz9KBpY4lrQ?e=s5c9fd

Apéndice C: Memoria de cálculo

financiero <https://correouisedu->

my.sharepoint.com/:x:/g/personal/ivan2200665_correo_uis_edu_co/IQA

jli03Brc_Qrz9bnr9XCLOAYViSchAk76CV7_sGE0KX-Y?e=o9ufTp