



## Diseño de sistema productivo de derivados de aguacate para reducir el desperdicio de las asociaciones productoras en los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Nariño.

Daniel Santiago Zuñiga Castro<sup>a,b</sup>, Alejandro López Tamayo<sup>a,b</sup>, Nathalia Quintero Rodriguez<sup>a,b</sup>,  
Juan Camilo Paz Roa<sup>c,b</sup>

<sup>a</sup>Estudiante de Ingeniería Industrial

<sup>b</sup>Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

<sup>c</sup>Director de proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

---

### Resumen en español

Este proyecto presenta el diseño integral de un sistema productivo enfocado en la transformación de aguacates descartados por no cumplir con estándares comerciales, en productos de valor agregado como aceite de aguacate y guacamole. La problemática central identificada es la alta tasa de pérdida poscosecha —que puede alcanzar hasta un 30%— en los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Nariño, lo cual genera impactos económicos negativos para los productores y contribuye al desperdicio agrícola con implicaciones ambientales.

La propuesta contempla una red de centros de acopio regionales para el procesamiento inicial, articulados con una planta central encargada del procesamiento final. Esta configuración permite mejorar la eficiencia logística, alargar la vida útil del producto y garantizar altos estándares de calidad. El sistema productivo diseñado se orienta a responder a la creciente demanda nacional e internacional de productos saludables, sostenibles y listos para el consumo, con énfasis en los mercados de Europa, Norteamérica y Asia.

La selección de los productos se realizó mediante un análisis multicriterio que evaluó variables como demanda, viabilidad técnica, costos, impacto ambiental y capacidad de aprovechamiento de fruta de tercera categoría. El diseño incorpora tecnologías como la extracción en frío y la pasteurización, integrando principios de economía circular y sostenibilidad en toda la cadena de valor.

Adicionalmente, se desarrolló un análisis financiero bajo distintos escenarios, que permitió proyectar la rentabilidad del sistema. En el escenario óptimo, se estima un EVA positivo superior a \$400 millones COP anuales, evidenciando la viabilidad económica del proyecto. Se espera que esta solución productiva no solo reduzca significativamente el desperdicio, sino que también dinamice las economías rurales, promueva la generación de empleo formal, y fortalezca la competitividad del sector agroindustrial del aguacate en Colombia.

**Palabras clave:** sistema productivo, aceite de aguacate, guacamole, desperdicio agrícola, sostenibilidad, economía circular, agroindustria, análisis financiero.

---

Abstract

This project presents the comprehensive design of a production system focused on transforming avocados discarded for not meeting commercial standards into value-added products such as avocado oil and guacamole. The central issue addressed is the high post-harvest loss rate—up to 30%—in the departments of Valle del Cauca, Cauca, and Nariño, which generates significant economic losses for producers and contributes to agricultural waste with negative environmental consequences.

The proposal includes a network of regional collection centers for initial processing, integrated with a central plant for final production. This configuration enhances logistical efficiency, extends the product's shelf life, and ensures high-quality standards. The system is designed to meet the growing national and international demand for healthy, sustainable, ready-to-eat products, with a focus on markets in Europe, North America, and Asia.

Product selection was based on a multi-criteria analysis evaluating variables such as market demand, technical feasibility, cost, environmental impact, and the potential to utilize third-grade fruit. The system incorporates technologies such as cold-press extraction and pasteurization, aligning with circular economy principles and sustainability across the entire value chain.

Additionally, a financial analysis under multiple scenarios was conducted, projecting the system's profitability. In the optimal scenario, the project shows a positive Economic Value Added (EVA) of over COP 400 million annually, demonstrating its economic viability. The proposed solution is expected to significantly reduce avocado waste, stimulate rural economies, generate formal employment, and strengthen the competitiveness of Colombia's avocado agro-industrial sector.

**Keywords:** *production system, avocado oil, guacamole, agricultural waste, sustainability, circular economy, agroindustry, financial analysis.*

## Tabla de contenido

<b>I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA O NECESIDAD</b>	<b>8</b>
1. Contexto y justificación	8
2. Grupos de interés	8
2.1. Identificación de grupos de interés:	8
3. Diagnóstico del problema o necesidad	10
3.1. Plan de recolección de datos	10
3.2. Selección del producto	11
3.3. Exploración del mercado	13
3.4 Tendencias del mercado de aguacate	13
3.5 Análisis de entorno	14
3.6 Análisis del sector (competidores y proveedores)	15
3.6.1 Exploración de mercado del aceite de aguacate	15
3.6.2 Exploración de mercado del guacamole [7]	18
3.7 Análisis de oportunidad	21
3.8 Descripción del producto	23
4. Objetivos	23
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>24</b>
1. Revisión de Literatura	24
2. Procesamiento de Residuos Agrícolas para Generar Valor Económico	24
3. Métodos para la Producción de Aceite de Aguacate y Guacamole	24
4. Aplicación de Centros de Acopio y Procesamiento Regional	24
5. Implicaciones de Sostenibilidad y Beneficios Económicos	25
6. Comparación con la Propuesta Actual	25
7. Ausencia de Investigaciones Directamente Relacionadas	25

8. Dificultad de Encontrar Literatura Tangencial	25
<b>III. DISEÑO CONCEPTUAL Y PRELIMINAR</b>	<b>26</b>
1. Requerimientos	26
1.1 Clarificación de objetivos	26
1.2 Análisis Funcional	26
1.2.1 Sistema productivo aceite:	27
1.2.2 Sistema productivo guacamole:	28
1.3 Fijación de requerimientos del cliente	29
1.4. Determinación de características de ingeniería	30
2. Exploración de ideas y selección de alternativa	32
2.1 Exploración y selección	32
3. Rutas y Alternativas para el Procesamiento de Aguacate	41
4. Rutas y Alternativas para el Procesamiento de Aceite de Aguacate	42
5. Especificación del diseño preliminar	44
5.1. Funcionalidad	44
5.2. Rendimiento	44
5.3. Seguridad	45
5.4. Sostenibilidad	45
5.5. Estética	45
6. Diseño Conceptual y Etapas de Especificación Detallada	45
7. Plan de trabajo (PdT)	46
<b>IV. DISEÑO DETALLADO DE SISTEMA PRODUCTIVO</b>	<b>48</b>
1. Establecimiento Inicial del Sistema Productivo	48
1.1 Diseño de operaciones (volumen y proceso)	48
1.2 Caracterización de los productos:	49
1.2.1 Aceite de aguacate:	49
1.2.2 Guacamole:	49
1.3 Volumen de producción y materias primas	60
1.4 Distribución del volumen por línea de producto	61
1.5 Cálculo de Rendimientos	62
1.5.1 Aceite de Aguacate	62
1.5.2 Guacamole	62
1.6 Distribución en Empaques	62
1.7 Estrategia corporativa	63
1.7.1 Fundamento estratégico general	63
1.7.2 Ejes estratégicos	63
1.8 Modelo estratégico	64
1.9 Procesos	64
1.9.1 Definición de capacidades y recursos del sistema productivo propuesto	65
2. Definición de Capacidades y Recursos del Sistema Propuesto	66
2.1 Diseño de operaciones (tecnología)	66
2.2 Estrategia de inventario	69
2.2.1 Clasificación y tratamiento de los inventarios	72
2.3 Diseño de operaciones (costo unitario de producción y abastecimiento de la materia prima)	73
2.3.1 Costos unitarios	73

2.3.2 Costos de mano de obra:	73
2.3.3 Costos de empaques y etiquetas:	76
2.3.4 Costos de documentación y registros legales:	77
2.3.5 Costos de maquinaria y tecnologías para el proceso productivo:	78
2.4 Abastecimiento e inversión de materia prima	78
2.5 Inversión proyectada en materia prima	79
2.6 Estrategia de producción	79
2.7 Capacidad de las Estaciones de Trabajo	80
2.8 Diseño de operaciones (Diseño de estaciones de trabajo y tiempo de ciclo)	84
2.8.1 Diseño de Estaciones de Trabajo	85
2.9 Tiempos de Ciclo	86
3. Diseño de planta (espacio de almacenamiento)	88
4. Diseño de la planta (distribución adimensional)	89
4.1 Definición de Áreas	90
4.2 Matriz de Relación de Actividades (MRA)	91
5. Validación Financiera del Sistema Productivo Propuesto	94
5.1 Supuestos financieros del modelo	94
5.2 Horizonte temporal de evaluación	95
5.3 Estructura de inversión y apalancamiento	95
5.4 Proyecciones de producción anual	95
5.5 Escenarios de ingresos proyectados	95
5.6 Costos operativos y administrativos	96
5.11.1 Escenario Conservador	98
5.11.2 Escenario Base	98
5.11.3 Escenario Optimista	98
5.12 Análisis del Valor Económico Agregado (EVA)	98
5.14 Indicadores de Desempeño Financiero	100
<b>V. REFERENCIAS</b>	<b>103</b>
<b>VI. ANEXOS</b>	<b>104</b>

### Índice de Tablas

Tabla I. Evaluación de grupos de interés	9
Tabla II. Variables de interés	11
Tabla III. Tabla de ponderación de criterios de selección de producto derivado del aguacate.	13
Tabla IV. Tabla de comparativa de competidores	18
Tabla V. Tabla de productos y presentaciones de aceite de aguacate en el mercado	18
Tabla VI. Tabla de cuota de mercado y tasa de incremento anual compuesto, Adaptado de [7]	20
Tabla VII. Tabla de principales actores del sector de guacamole, Adaptado de [7]	21
Tabla VIII. Tabla de KPI's del sector del guacamole, Adaptado de [7]	21
Tabla IX. Tabla de productos y presentaciones de guacamole en el mercado nacional	22
Tabla X. Tabla de clarificación de objetivos.	27
Tabla XI. Matriz QFD	32
Tabla XII. Matriz morfológica aceite de aguacate	34
Tabla XIII. Matriz morfológica guacamole	35
Tabla XIV. Plan de trabajo	47

Tabla XV. Cronograma de trabajo	48
Tabla XVI. SKU aceite de aguacate y guacamole	51
Tabla XVII. Balance de línea de guacamole	67
Tabla XVIII. Balance de línea de aceite de aguacate	67
Tabla XIX. Cálculo nómina (salario)	78
Tabla XX. Cálculo nómina (con prestaciones)	79
Tabla XXI. Empaques plásticos	79
Tabla XXII. Etiquetas	80
Tabla XXIII. Empaques tarrinas plásticas	80
Tabla XXIV. Etiquetas guacamole	80
Tabla XXV. Maquinaria y tecnología	81
Tabla XXVI. Volumen requerido	81
Tabla XXVII. Materia prima	82
Tabla XXVIII. Dimensiones proyectadas	89
Tabla XXIX. Línea de guacamole	90
Tabla XXX. Línea de aceite de aguacate	91
Tabla XXXI. Área	93
Tabla XXXII. Codificación	95
Tabla XXXIII. Ingresos proyectados	100
Tabla XXXIV. VPN (COP)	101
Tabla XXXV. Resultados por escenario	103
Tabla XXXVI. Tabla de anexos	109


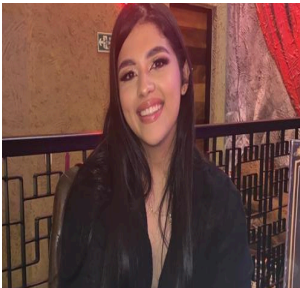

## Índice de Figuras

Figura I. Clasificación de los stakeholders bajo la metodología stakeholder circle	10
Figura II. Análisis Peste	15
Figura III. Gráfico de segmentación de mercado de guacamole, Adaptado de [7]	20
Figura IV. Escenario I	36
Figura V. Escenario II	38
Figura VI. Escenario III	39
Figura VII. Escenario IV	41
Figura VIII. Denominación de SKU	51
Figura IX. Ficha técnica aceite clásico 250 ml	52
Figura X. Ficha técnica aceite clásico 500 ml	52
Figura XI. Ficha técnica aceite clásico 1 l	53
Figura XII. Ficha técnica aceite clásico 5 l	53
Figura XIII. Bom aceite clásico 250 ml	54
Figura XIV. Bom aceite clásico 500 ml	54
Figura XV. Bom aceite clásico 1 l	55
Figura XVI. Bom aceite clásico 5 l	55
Figura XVII. Ficha técnica guacamole clásico 250 gr	56
Figura XVIII. Ficha técnica guacamole clásico 500 gr	56
Figura XIX. Ficha técnica guacamole clásico 1 kg	57
Figura XX. Ficha técnica guacamole granel 10 kg	57
Figura XXI. Ficha técnica guacamole granel 25 kg	58

Figura XXII. Bom guacamole clásico 250 gr	58
Figura XXIII. Bom guacamole clásico 500 gr	59
Figura XXIV. Bom guacamole clásico 1 kg	59
Figura XXV. Bom guacamole granel 10 kg	60
Figura XXVI. Bom guacamole granel 25 kg	60
Figura XXVII. Ficha técnica prensadora de aceite de aguacate	68
Figura XXVIII. Ficha técnica pasteurizadora	68
Figura XXIX. Ficha técnica trituración	69
Figura XXX. Ficha técnica tanque de reserva	69
Figura XXXI. Ficha técnica envasadora	70
Figura XXXII. Cámara fría para MP	71
Figura XXXIII. Bodega de producto terminado	71
Figura XXXIV. Estanterías metálicas	71
Figura XXXV. Racks de tres niveles	72
Figura XXXVI. Pallets y almacenamiento	72
Figura XXXVII. Equipos de manipulación	72
Figura XXXVIII. Estación de recepción y clasificación	82
Figura XXXIX. Estación de pelado y deshuesado (ángulo 1)	82
Figura XL. Estación de pelado y deshuesado (Ángulo 2)	82
Figura XLI. Estación de pelado y deshuesado (Ángulo 3)	83
Figura XLII. Mezcla de ingredientes	83
Figura XLIII. Envasado y sellado	84
Figura XLIV. Estación de batido y prensado	84
Figura XLV. Empaque	85
Figura XLVI. Distribución de planta (Ver anexo XVII)	92
Figura XLVII. Matriz de relación de actividades	93
Figura XLVIII . Planta por bloques	94

## Índice de Diagramas

Diagrama I. Caja Transparente para sistema productivo de aceite de aguacate	29
Diagrama II. Caja Transparente para sistema productivo de guacamole	30

Breve resumen del proyecto (Business case)		
<p>Este proyecto propone el diseño e implementación de un sistema productivo para transformar aguacates, considerados como desperdicio, en productos de valor agregado como aceite de aguacate y guacamole. En el Valle del Cauca, Cauca y Nariño, el alto porcentaje de aguacates descartados representa una pérdida económica significativa y un impacto ambiental. Aprovechar estos frutos mediante procesos sostenibles no solo reduce el desperdicio, sino que también ofrece una nueva fuente de ingresos para los productores locales.</p> <p>La propuesta incluye la instalación de centros de acopio regionales con procesamiento inicial y una planta central para la producción final, lo cual maximiza la durabilidad del producto y optimiza su calidad. A través de este sistema, se busca satisfacer la creciente demanda de productos naturales y saludables en mercados nacionales e internacionales, contribuyendo al desarrollo económico de las comunidades agrícolas y promoviendo prácticas de sostenibilidad en el sector agroindustrial del aguacate.</p>		
Planteamiento del problema (Problem statement)	Impacto en los actores (Business Need—Stakeholders)	
<p>La alta tasa de desperdicio de aguacate en la cadena productiva en el Valle del Cauca, que puede alcanzar hasta un <b>30%</b> en las etapas postcosecha, representa no solo una pérdida económica significativa para los agricultores, sino también un problema ambiental. La falta de infraestructura y procesos adecuados para aprovechar los aguacates de baja calidad limita las oportunidades de los productores para comercializar derivados de este fruto. Este proyecto busca ofrecer una solución que permita reducir el desperdicio, aumentar el valor agregado y promover la sostenibilidad en el sector agroindustrial del aguacate.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Asociaciones de Productores:</b> Buscan un sistema que mejore la rentabilidad y reduzca el desperdicio de aguacates descartados, incorporando prácticas que favorezcan una producción más eficiente y responsable.</li> <li><b>Inversionistas:</b> Interesados en un retorno de inversión positivo y estabilidad en la producción mediante procesos optimizados y productos con alta demanda en el mercado.</li> <li><b>Comunidades Locales:</b> Esperan oportunidades de empleo, condiciones de trabajo seguras y formación en técnicas que puedan contribuir a una producción más eficiente y responsable con el entorno.</li> <li><b>Clientes Finales (supermercados, tiendas de conveniencia, restaurantes):</b> Requieren productos derivados de alta calidad, como aceite de aguacate y guacamole, que cumplan con estándares de frescura y buenas prácticas de producción.</li> <li><b>Entidades Ambientales y Regulatorias:</b> Buscan asegurar que el proyecto cumpla con las regulaciones vigentes en gestión ambiental y seguridad alimentaria, promoviendo prácticas que minimicen el impacto ambiental.</li> </ol>	
Objetivo general (Goal statement)		
<p>Diseñar un sistema productivo para la fabricación de aceite de aguacate alimenticio y guacamole, a través de la definición de recursos humanos, tecnológicos y financieros requeridos; los procesos productivos y procedimientos que permitan disminuir el desperdicio e incrementar el valor agregado del aguacate.</p>		
Objetivos Específicos (Project Scope)		
<ol style="list-style-type: none"> <li>Establecer el diseño preliminar del sistema de producción mediante la definición de productos, plan maestro de producción, listas de materiales, procesos productivos y matriz de flujo. Con el fin de refinar los requerimientos necesarios para el diseño definitivo de la planta productora de aceite de aguacate y guacamole.</li> <li>Desarrollar el sistema propuesto mediante la definición de sus capacidades, recursos, tecnología y demás elementos relevantes, mediante la aplicación de herramientas especializadas de Ingeniería Industrial.</li> <li>Validar el diseño propuesto mediante modelos de análisis financiero, como flujos de caja y análisis del punto de equilibrio, con el fin de evaluar el incremento del valor agregado de los productos y la relación costo-beneficio del proyecto.</li> </ol>		
Equipo de trabajo (Team Members)		
<p>Daniel Santiago Zuñiga Castro.</p> 	<p>Nathalia Quintero Rodriguez.</p> 	<p>Alejandro López Tamayo</p> 

## I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA O NECESIDAD

### 1. Contexto y justificación

En el año 2021 se estimó que en el país existen alrededor de 19.200 productores en cerca de 51.702 unidades productivas que tienen como principal actividad económica el cultivo de aguacate. En consecuencia, alrededor de 65 mil personas en el país se ven involucradas, de forma directa e indirecta, en los diferentes eslabones de la cadena productiva de aguacate [1]. El cultivo de aguacate en Colombia ha ganado relevancia tanto en el mercado nacional como internacional, destacándose por su alta demanda. A su vez, anualmente hay una oferta de alimentos de más de 28 millones de toneladas; de esta, se pierden y desperdician 9,76 millones (34 %) de la oferta disponible destinada al consumo humano, siendo la pérdida el resultado de la ineficiencia en la cadena de producción, y el desperdicio, de hábitos de consumo y manipulación en centros de venta.

El segmento que genera la mayor pérdida es el de producción agropecuaria; sin embargo, esta pérdida está concentrada en frutas, verduras, raíces, tubérculos, cereales y cárnicos. En cuanto a la proporción de pérdida y desperdicio en Colombia frente a otras regiones del mundo, el país se diferencia del promedio mundial. Mientras que en Colombia la proporción de pérdida es del 64 % y de desperdicio del 36 %, en el mundo esta proporción es del 54 % y 46 %, respectivamente. En Colombia, alrededor de 1 de cada 3 toneladas de alimentos producidos por nuestros campesinos se pierden o se desperdician [2]. El aguacate, por ende, es uno de los productos alimenticios cuyas pérdidas postcosecha pueden llegar hasta el 30 % por prácticas inadecuadas y el desconocimiento del comportamiento del fruto luego de su recolección, debido a los requerimientos de calidad de los frutos.

En el país la producción de aguacate ha crecido de manera constante en los últimos años, convirtiéndose en un producto estratégico para la economía agrícola del país. Sin embargo una significativa parte de la producción enfrenta desafíos debido a problemas de calidad que afectan su comercialización, es importante mencionar que el aguacate se clasifica en categorías tales como: aguacates de primera y segunda, que se distribuyen en varios mercados nacionales e internacionales. El aguacate de primera se ha exportado en un volumen de alrededor de 343.740 toneladas entre 2020 y 2023, experimentando un crecimiento promedio del 9 % anual [3]. No obstante, existe una categoría de fruta que no cumple con los estándares de calidad requeridos para estos mercados. Esta fruta de tercera categoría, a menudo termina en rellenos sanitarios o fosas, representando una pérdida significativa de recursos para los productores. Para abordar esta problemática, es importante encontrar formas de agregar valor a la producción. Es fundamental mencionar que una fruta se considera de tercera categoría por presentar características como tamaño reducido, daños en la pulpa por golpes mecánicos, trazas de maduración excesiva y frutos sin pedúnculo. En lugar de ser considerada como un desecho, esta fruta puede ser procesada para obtener un producto más valioso. Este enfoque no solo mejora la sostenibilidad del cultivo al reducir el desperdicio, sino que también diversifica las oportunidades de ingresos para los productores de aguacate.

### 2. Grupos de interés

Los stakeholders que se identificaron son los siguientes y se establece el rango de acercamiento, participación y poder de los grupos con relación al proyecto

#### 2.1. Identificación de grupos de interés:

#### Grupos de interés identificados:

- **Asociaciones de productores de aguacate:** Son el pilar del proyecto, ya que su trabajo proporciona la materia prima esencial para la planta. Este grupo incluye a pequeños y medianos agricultores que tradicionalmente han dependido de la venta de aguacates frescos pero que ahora ven una oportunidad en vender fruta que no cumple con los estándares para su venta en el mercado local o exportación. El proyecto ofrece a los agricultores una nueva fuente de ingresos y permite la apertura a nuevos mercados, aprovechando los frutos de baja categoría. a su vez requisitos que se les paguen precios justos y estables para su producción que contribuya con su seguridad económica.
- **Líderes del proyecto Agroinnova:** Este grupo de interés es indispensable para establecer contacto con las asociaciones productoras de campesinos, fundamental para la toma de decisiones por y para el proyecto del sistema productivo.

- **Comunidades localizadas alrededor de las asociaciones:** Este grupo incluye a los futuros operarios, técnicos y personal administrativo de la instalación. Algunos de estos empleados pueden provenir de las mismas comunidades rurales y beneficiarse directamente del proyecto al obtener empleos, fortaleciendo la economía local. requerirán de capacitación y condiciones de trabajo seguras y justas y un ambiente de trabajo que respete los derechos laborales.
- **Inversores y accionistas:** Los inversores que financian el proyecto esperan obtener un retorno de su inversión y un crecimiento sostenible de la empresa. El proyecto tiene potencial para ser rentable, especialmente dada la creciente demanda de derivados del aguacate. Requieren de una gestión eficiente de proyectos, transparencia en los informes financieros y estrategias de mitigación de riesgos.

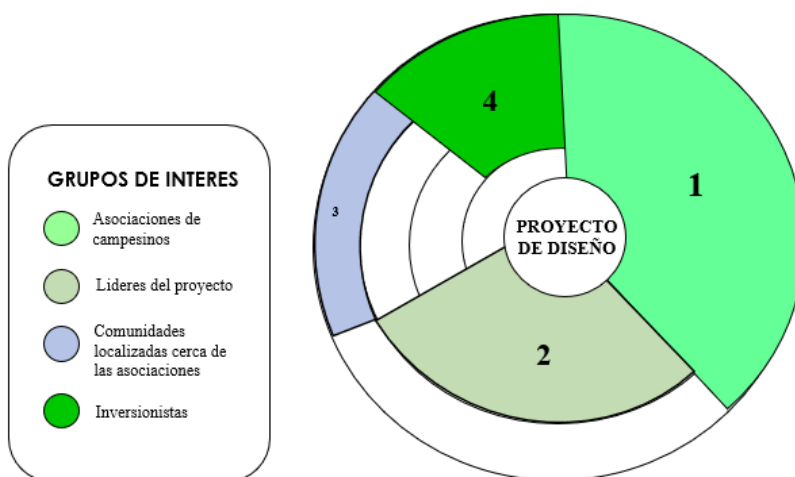
Los anteriores grupos de interés se evaluaron en función de tres criterios: poder, proximidad e influencia.

Tabla I. Evaluación de grupos de interés

STAKEHOLDERS	PODER	PROXIMIDAD	INFLUENCIA	PRIORIDAD
ASOCIACIONES DE PRODUCTORES DE AGUACATE	ALTO	ALTO	ALTO	1
LÍDERES DEL PROYECTO AGROINNOVA	ALTO	ALTO	MEDIO	2
COMUNIDADES LOCALES	MEDIO	MEDIO	ALTO	3
INVERSORES Y ACCIONISTAS	ALTO	BAJO	MEDIO	4

- Asociaciones de productores tienen alta prioridad, ya que son el pilar de la materia prima.
- Los líderes del proyecto Agroinnova también son cruciales, pues facilitan la conexión con los productores y toman decisiones estratégicas.
- Las comunidades locales son importantes debido al impacto directo que tendrá el proyecto en su calidad de vida y oportunidades laborales.
- Inversores y accionistas son esenciales para la viabilidad financiera, pero su proximidad al proyecto operativo es más baja.

Figura I. Clasificación de los stakeholders bajo la metodología stakeholder circle



### 3. Diagnóstico del problema o necesidad

En Colombia, la producción de aguacate ha crecido significativamente en los últimos años, consolidando al país como un importante actor en el mercado global. Sin embargo, esta expansión ha venido acompañada de un problema crítico: el alto nivel de desperdicio en la cadena de suministro.

El desperdicio de aguacate no solo implica pérdidas económicas significativas para los pequeños y medianos productores, sino también un impacto ambiental negativo, desaprovechando un recurso valioso que podría ser transformado en productos con mayor valor agregado.

Ante esta problemática, surge la oportunidad de aprovechar el aguacate de descarte para la producción de productos derivados que no solo permitirían reducir el desperdicio, sino también diversificar las fuentes de ingresos; La transformación del aguacate no comercializable en productos de alta demanda representa una solución viable para maximizar el valor de la producción, generando beneficios económicos y ambientales para la región.

#### 3.1. Plan de recolección de datos

#### Métodos de Recolección de Datos

La información recolectada está asociada, principalmente, a datos estadísticos de las actividades primarias, su mercado y/o fuentes que ofrezcan un contexto amplio acerca del mercado de productos derivados del aguacate y las tendencias de la industria. De este modo, se establecen los indicadores que se van a medir para respaldar el proyecto y contemplar los requerimientos de los grupos de interés. A continuación, se presenta la Tabla II, en donde se contrasta cuál es la variable de interés, el objetivo o fin con el que se desea tomar en cuenta, la forma en la que se recolecta la información y cómo se puede describir en forma de indicador.

Tabla II. Variables de interés

Variable	Tipo: KPI o Auxiliar	Objetivo	Descripción	Indicador
Toneladas de aguacate cosechadas en Colombia	Auxiliar	Determinar la cantidad de aguacate para analizar las tendencias del sector	Encuesta nacional agropecuaria de 2021	$A_i = \text{Aguacate del año } i$
% de Toneladas de aguacate cosechadas en el valle de la Cauca	Auxiliar	Determinar la proporción que representa el departamento del Valle del Cauca con respecto a la producción del país.	Cifras sectoriales, Informe Cadena productiva Aguacate 2021, Minagricultura	$\left( \frac{\text{Producción Valle}}{\text{Producción total}} \right) * 100$
Mercado de los productos derivados de aguacate	Auxiliar	Determinar los subproductos del aguacate y los factores asociados a estos, tales como volumen de ventas, competidores...	Fuentes secundarias como estudios de mercado, publicaciones de la industria, informes de consultoras, asociaciones y gremios productores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipos de productos</li> <li>- Precio</li> <li>- Nuevos mercados</li> <li>- Tendencias de búsqueda</li> <li>- Inversiones en la industria</li> </ul>
Crecimiento de las actividades agrícolas	Auxiliar	Determinar la tendencia de crecimiento de actividades primarias en el PIB	Informes DANE, Producto Interno Bruto (PIB)	$CAA = \left( \frac{VAA \text{ en el PIB del año actual} - VAA \text{ en el PIB del año anterior}}{VAA \text{ en el PIB del año anterior}} \right) * 100$
Porcentaje de Incremento del Valor agregado por kilogramo de fruto procesado	KPI	Mide el valor adicional que genera la planta por cada kilo de aguacate procesado	Reflejando el beneficio económico en comparación con el valor del aguacate en su estado natural."	$\%VA = \left( \frac{\text{Valor por Kg procesado} - \text{Valor por Kg no procesado}}{\text{Valor por Kg no procesado}} \right) * 100$
Índice de desperdicio	KPI	Medir el porcentaje de material desperdiciado en relación con el aguacate procesado.	ayuda a identificar ineficiencias en producción	$kpi = \left( \frac{\text{Cantidad de desperdicios}}{\text{Cantidad total de aguacate procesado}} \right) * 100$

### 3.2. Selección del producto

#### **Justificación de la Metodología y Selección de Producto:**

Para seleccionar el producto derivado del aguacate más adecuado para el desarrollo del proyecto, se ha utilizado una metodología de análisis multicriterio basada en criterios ponderados. Desarrollando una evaluación equilibrada y objetiva de cada opción, considerando factores cualitativos y cuantitativos. La ponderación de criterios como la demanda del mercado, la viabilidad técnica, el costo total de producción, y la disponibilidad de materia prima permite identificar el producto que mejor se alinea con los objetivos estratégicos del proyecto.

La selección del producto derivado del aguacate para el desarrollo del proyecto se fundamenta en un análisis exhaustivo de varios productos potenciales utilizando el conjunto de criterios estratégicos que se desarrollarán a continuación. Los productos considerados incluyen el aceite de aguacate para uso alimenticio, aceite de aguacate para uso cosmético, guacamole, harina de aguacate, y tinta de aguacate (Ver Tabla III).

#### **Criterios de Evaluación:**

El peso asignado a cada criterio se justifica en función de su impacto directo en el éxito del proyecto y su relevancia en comparación con otros factores. Cada porcentaje refleja un equilibrio cuidadosamente analizado entre los factores que aseguran que el producto sea tanto técnicamente viable como comercialmente exitoso y sostenible a largo plazo. La diferencia en los pesos asignados a cada criterio surge tras una evaluación de cómo cada uno de ellos afecta al resultado final, con base en la investigación previa de las características y exigencias de los productos evaluados. Este enfoque garantiza que se prioricen los aspectos más críticos para el éxito global del proyecto.

- **Demanda del Mercado (20%):** Este criterio evalúa la demanda actual y futura del producto en mercados locales e internacionales, así como la tasa de crecimiento proyectada. Por ejemplo, se espera que el mercado del aceite de aguacate crezca a una tasa compuesta anual debido a su aceptación en la industria alimenticia y cosmética. El guacamole también muestra un incremento significativo en su demanda, especialmente en mercados norteamericanos.
- **Viabilidad Técnica (10%):** La viabilidad técnica considera la facilidad de producción, estabilidad del producto, y los requerimientos tecnológicos y logísticos. Para el aceite de aguacate (alimenticio y cosmético), el proceso de elaboración a través de prensado en frío es relativamente sencillo y se ajusta a los estándares internacionales. El guacamole, aunque viable técnicamente, presenta desafíos en términos de conservación y vida útil.
- **Costo Total de Producción (12,5%):** Este criterio analiza los costos asociados con la producción y comercialización, incluyendo costos de materia prima, inversión en maquinaria y costos operativos. Los costos de producción de aceite de aguacate son moderados pero requieren inversiones en equipos de prensado. El guacamole, aunque generalmente menos costoso de producir, puede presentar costos adicionales debido a la necesidad de conservantes y empaques especiales.
- **Aspectos Nutricionales (5%):** Este criterio evalúa los beneficios para la salud de cada producto y su adecuación a diferentes dietas. El aceite de aguacate es rico en ácidos grasos monoinsaturados, lo que lo convierte en un producto atractivo tanto para el mercado alimenticio como el cosmético. El guacamole también ofrece beneficios saludables al ser una fuente rica de grasas saludables y vitaminas.
- **Regulación y Cumplimiento (10%):** Este criterio considera el cumplimiento de normativas y certificaciones exigidas para la comercialización del producto. Tanto el aceite de aguacate como el guacamole deben cumplir con regulaciones de alimentos y cosméticos, que pueden requerir inversiones adicionales en certificaciones.

- **Aspectos Ambientales (5%):** Se evalúa el impacto ambiental y la sostenibilidad del producto. El aceite de aguacate y la harina de aguacate ofrecen oportunidades para aprovechar subproductos y reducir el desperdicio, contribuyendo así a la sostenibilidad.
- **Aprovechamiento de Producto de Descarte (5%):** Este criterio mide la capacidad de utilizar productos de descarte como pulpa, hueso, o cáscara de aguacate. Este es un punto a favor del aceite de aguacate y de la tinta de aguacate, que se benefician del uso de partes que normalmente se desperdiciaron.
- **Disponibilidad de Materia Prima (15%):** Evaluar la disponibilidad constante de aguacates es crucial. El aceite de aguacate y el guacamole dependen de una oferta constante de aguacates de buena calidad, mientras que la tinta y la harina pueden utilizar productos de menor calidad o de descarte.
- **Competitividad del Producto (5%):** Este criterio evalúa cuántos competidores ya producen un producto similar y las barreras de entrada al mercado. El mercado de aceite de aguacate es competitivo pero tiene un nicho claro, mientras que el mercado de tinta de aguacate está emergiendo con poca competencia.
- **Ciclo de Vida del Producto (12,5%):** Considera la duración del ciclo de vida del producto en el mercado. El aceite de aguacate (alimenticio y cosmético) tiene un ciclo de vida más largo debido a su estabilidad, mientras que el guacamole es más perecedero.

Tabla III. Tabla de ponderación de criterios de selección de producto derivado del aguacate.

Criterio	Demanda del mercado	Viabilidad técnica	Costo Total de producción	Aspectos nutricionales	Regulaciones y cumplimientos	Aspectos ambientales	Aprovechamiento de producto de descarte	Disponibilidad materia prima	Competitividad del producto	Ciclo de vida del producto	Totales
<b>Peso</b>	20%	10%	12,50%	5%	10%	5%	5%	15%	5%	12,50%	100%
<b>Aceite de aguacate (Alimenticio)</b>	0,8	0,5	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2	0,5	3,9
<b>Aceite de aguacate (Cosmético)</b>	0,8	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,5	3,7
<b>Guacamole</b>	0,6	0,3	0,5	0,3	0,4	0,2	0,3	0,8	0,2	0,5	3,9
<b>Harina de aguacate</b>	0,2	0,2	0,25	0,2	0,4	0,15	0,2	0,6	0,25	0,38	2,83
<b>Tinta de aguacate</b>	0,2	0,3	0,38	0,05	0,3	0,25	0,25	0,6	0,15	0,38	2,85

#### Selección de Productos: Aceite de Aguacate alimenticio y Guacamole

Después de un análisis exhaustivo de diversas alternativas de productos derivados del aguacate, hemos decidido desarrollar el aceite de aguacate alimenticio y guacamole como los productos clave para nuestro proyecto de diseño.

#### Fundamentación de la Decisión:

- **Demanda del Mercado y Oportunidades de Expansión:**

El aceite de aguacate de uso nutricional ha visto un crecimiento notable en mercados globales debido a su perfil saludable y su versatilidad en aplicaciones culinarias. Su demanda está impulsada por tendencias en consumo de grasas saludables, lo cual lo convierte en un producto atractivo en mercados como Norteamérica y Europa.

El guacamole, por otro lado, es un producto preparado que ha ganado popularidad debido a su conveniencia, frescura, y beneficios nutricionales. Su alta demanda en mercados de Estados Unidos y México lo posiciona como un producto rentable, especialmente con la tendencia creciente hacia alimentos naturales y listos para consumir.

- **Viabilidad Técnica y Aprovechamiento de Recursos:**

La producción de aceite de aguacate es técnicamente viable y permite el aprovechamiento de aguacates que no cumplen con los estándares de calidad para el consumo fresco, promoviendo una economía más circular y reduciendo el desperdicio.

La producción de guacamole también es factible y puede beneficiarse de frutas que no son adecuadas para la exportación como fruta fresca, asegurando así un uso eficiente de la materia prima disponible y minimizando pérdidas.

- **Diferenciación y Potencial de Valor Agregado:**

Ambos productos permiten una diferenciación clara en el mercado. El aceite de aguacate se puede posicionar como un producto premium con atributos nutricionales únicos, mientras que el guacamole puede diversificarse en diferentes presentaciones (clásico, picante, con ingredientes adicionales) para captar diferentes segmentos de consumidores.

- **Complementariedad en la Estrategia de Mercado:**

Al combinar el desarrollo de aceite de aguacate y guacamole, se ofrece un portafolio diversificado que permite capturar diferentes segmentos de mercado. El aceite de aguacate atrae a consumidores preocupados por la salud y el bienestar, mientras que el guacamole apela a quienes buscan conveniencia y frescura.

**Conclusión:**

La elección de estos dos productos responde a una estrategia integral que maximiza la utilización de los recursos disponibles, capitaliza las tendencias de mercado y asegura un posicionamiento competitivo en diferentes segmentos. Esta combinación de productos diversifica las oportunidades de ingresos y promueve un modelo de negocio sostenible y escalable para el proyecto.

**Estudio Comparativo con Otros Proyectos Similares:**

Existen ejemplos exitosos de empresas que han desarrollado productos derivados del aguacate en Colombia y otros países de la región. Por ejemplo, empresas en México y Perú han establecido plantas de extracción de aceite de aguacate y han logrado penetrar mercados europeos y norteamericanos con productos de alta calidad. Estas experiencias han demostrado que, además de disponer de una materia prima de calidad, es fundamental implementar estrategias de marketing innovadoras, una gestión eficiente de la cadena de suministro y certificaciones que refuercen el compromiso con la sostenibilidad y la calidad. El análisis de estas experiencias será valioso para adaptar las mejores prácticas a nuestro contexto y evitar errores comunes en la implementación del proyecto.

**Consideraciones de Implementación a Mediano y Largo Plazo:**

El éxito a largo plazo del producto seleccionado dependerá de la capacidad de escalar la producción y adaptarse a las dinámicas del mercado. A mediano plazo, se podrían considerar inversiones adicionales en tecnologías de producción más eficiente, la exploración de nuevos mercados en Asia y Europa, y la diversificación del portafolio de productos. A largo plazo, se prevé la posibilidad de establecer alianzas estratégicas con otros productores y asociaciones locales para fortalecer la capacidad de producción y distribución. Estas consideraciones aseguran que el proyecto no solo sea viable en el corto plazo, sino también sostenible y competitivo a medida que evoluciona el mercado global de productos derivados del aguacate.

3.3. *Exploración del mercado*

Este apartado inicia con un enfoque global sobre las tendencias del mercado del aguacate, incluyendo tanto el análisis del entorno como las condiciones que afectan la producción y comercialización de este fruto. A partir de este punto, se abordará de manera separada el estudio de mercado para cada uno de los productos derivados: el aceite de aguacate alimenticio y el guacamole, profundizando en la exploración específico de cada segmento. Esto permitirá comprender las particularidades de cada mercado, destacando las diferencias en cuanto a demanda, competencia y oportunidades comerciales.

3.4 *Tendencias del mercado de aguacate*

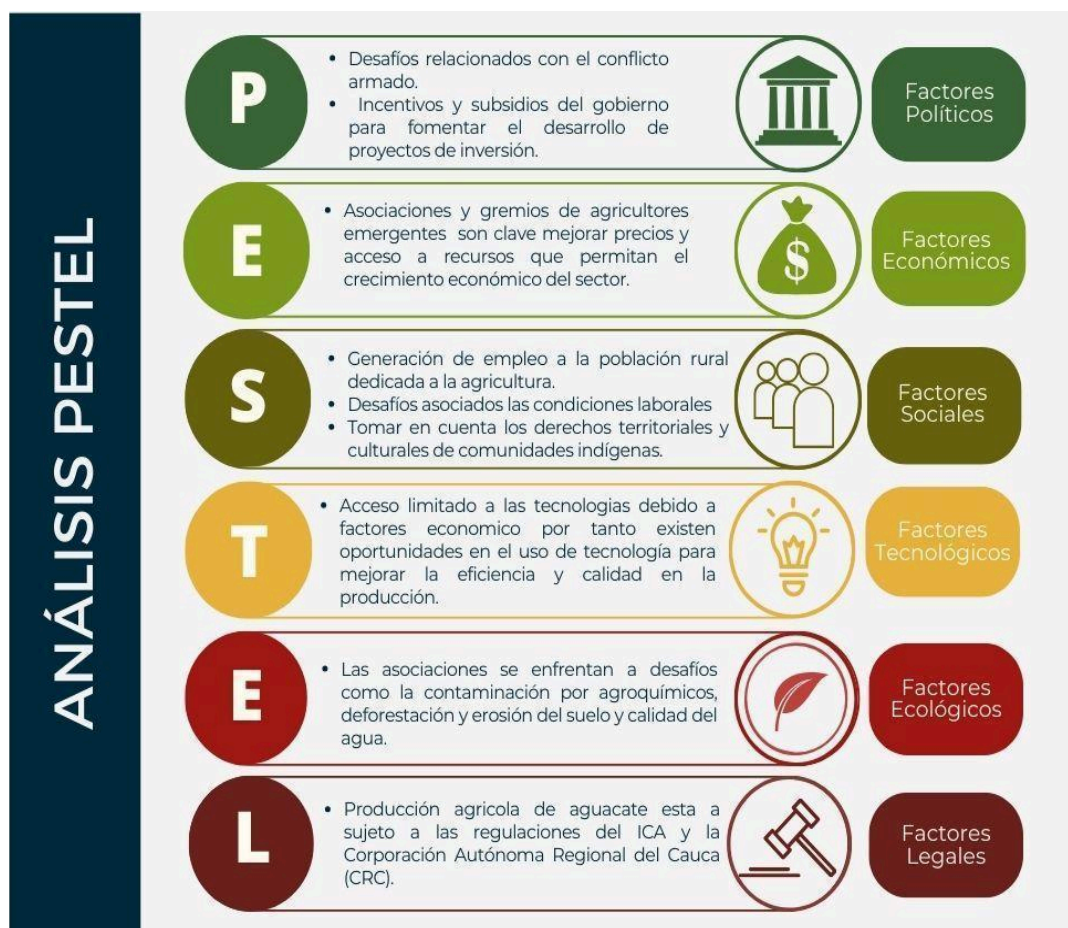
En los últimos años, el mercado del aceite de aguacate ha mostrado un crecimiento constante a nivel global, gracias al impulso que le brinda la demanda en productos saludables y naturales. Colombia es uno de los principales productores y exportadores de aguacate, según la Federación Nacional de Cafeteros, la producción de aguacate en territorio nacional alcanzó aproximadamente 676 mil toneladas en 2023, teniendo un incremento del 16% con respecto al año. Los cultivos de aguacate en Colombia se

encuentran principalmente en departamentos como Antioquia, Tolima, Eje cafetero y Valle del Cauca; que experimentan una expansión rápida en áreas de cultivo que se favorece por las condiciones climáticas y grandes inversiones en distintos sectores. El aguacate Hass es la tercera fruta más exportada por el país, después del plátano y el banano. En 2023, Colombia exportó más de 120 mil toneladas de aguacate Hass a más de 30 países [4]. En el contexto internacional, se pueden observar los destinos principales de exportación de aguacate desde Colombia. Los países que más demandan aguacate son de la Unión Europea ya que el mercado en este territorio está experimentando un crecimiento exponencial. En 2023 se exportaron alrededor de 100.000 toneladas de aguacate a destinos como España, Países Bajos y Reino Unido. Adicionalmente, Colombia exportó cerca de 20.000 toneladas a los Estados Unidos, donde se observa una tendencia creciente de consumo, impulsada por la popularidad de las dietas saludables y el interés en productos de origen natural. Finalmente, se identifican mercados emergentes como el asiático, aunque el volumen es menor en comparación con Europa y Estados Unidos, los países asiáticos están comenzando a ser un mercado en crecimiento para el aguacate colombiano, exportando aproximadamente 5.000 toneladas hacia Japón y China[3]. El aceite de aguacate se encuentra en una etapa de expansión tanto en el mercado nacional como en el internacional, posicionando a Colombia como uno de los principales exportadores de esta fruta. Es indispensable mejorar las prácticas agrícolas y automatizar los procesos productivos para aprovechar nuevas oportunidades comerciales. Actualmente, el aceite de aguacate ocupa una posición favorable a nivel internacional; sin embargo, es necesario invertir en maquinaria especializada que facilite su extracción de manera eficiente y a escala industrial.

### 3.5 Análisis de entorno

El análisis PESTEL permite comprender el entorno externo de un proyecto, considerando los aspectos políticos, económicos, socioculturales, tecnológicos, ambientales y legales. Esta herramienta analítica proporciona un panorama amplio del contexto, facilita la anticipación de cambios, la identificación de oportunidades y el ajuste de estrategias para adaptarse a las tendencias del mercado en el que opera una empresa. En la Figura II se presenta este análisis aplicado al contexto del proyecto, lo que permite reconocer el entorno en el que operan las empresas dedicadas al procesamiento de aguacate.

Figura II. Análisis Peste



En cuanto al aspecto político, para proyectos orientados al desarrollo del sector agroindustrial el gobierno colombiano juega un papel crucial en fomentar el apoyo a proyectos de inversión en infraestructura productiva, como la construcción y equipamiento de la planta extractora de aceite de aguacate. La producción agrícola, incluyendo el aguacate, a través de la asignación de recursos financieros para mejorar la productividad. Además, la política comercial del país, especialmente en términos de regulaciones arancelarias, influye significativamente en la competitividad del aguacate colombiano en el mercado internacional, afectando los precios de exportación.

En el ámbito económico, el proyecto representa una oportunidad significativa para revitalizar las economías rurales y generar nuevas fuentes de ingreso. La creciente demanda de productos derivados del aguacate, como el aceite, tanto a nivel nacional como internacional, impulsa el desarrollo del sector. En este contexto, las asociaciones de productores y las agremiaciones del sector desempeñan un papel fundamental, ya que permiten mejorar el acceso a los mercados, negociar mejores precios y fortalecer la posición de los productores. Esto, a su vez, contribuye a estabilizar la economía rural, reducir la pobreza y aumentar el Producto Interno Bruto (PIB) de la región.

Desde una perspectiva social, se generaría un impacto positivo en la generación de empleo en las comunidades rurales del Cauca, proporcionando sustento a familias y ayudando a reducir la pobreza. Sin embargo, existen desafíos sociales importantes como tener especial atención para garantizar el bienestar de los colaboradores y sus familias, promoviendo un desarrollo más equitativo.

En términos tecnológicos, la incorporación de tecnologías en la cadena de valor puede ser un factor importante y decisivo para mejorar la competitividad del sector.

En el aspecto ambiental, es importante promover y adoptar una producción más respetuosa con el medio ambiente, para contribuir a los esfuerzos y desafíos relacionados con la sostenibilidad. La gestión inadecuada del agua, la contaminación por agroquímicos, la deforestación y la erosión del suelo son problemas que pueden afectar negativamente los ecosistemas locales.

En cuanto al aspecto legal, las empresas que procesan aguacate en los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Nariño deben cumplir con las normativas establecidas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), entidad que regula la calidad y seguridad alimentaria en todas las etapas del proceso productivo. Esto incluye el registro de las fincas, el manejo de plagas y enfermedades, y el uso responsable de agroquímicos. Adicionalmente, los productores deben acatar las normativas ambientales definidas por las corporaciones autónomas regionales correspondientes: la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) y la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO). Estas entidades supervisan el uso sostenible de los recursos naturales y la protección de los ecosistemas locales. El cumplimiento de estas regulaciones es fundamental para garantizar una producción de aguacate alineada con los estándares de calidad y sostenibilidad exigidos en los mercados internacionales.

### *3.6 Análisis del sector (competidores y proveedores)*

#### *3.6.1 Exploración de mercado del aceite de aguacate*

El notable crecimiento del mercado del aguacate ha generado un interés creciente por parte de grandes empresas en invertir en esta materia prima. Entre las principales exportadoras se destacan Westfalia Fruit Colombia y Cartama, compañías que han adoptado prácticas sostenibles apoyadas en tecnologías avanzadas, consolidándose como líderes en la exportación hacia mercados como Europa y Estados Unidos. Asimismo, estas empresas están incursionando en mercados emergentes, como el asiático. Otras productoras relevantes en el panorama nacional son Cañasgordas y el Grupo Agrosavia, que también participan activamente en el desarrollo del sector.[4]

Sin embargo, para que los productores lleguen a ser proveedores de estas exportadoras se necesita cumplir con requisitos para exportación como certificaciones orgánicas, de buenas prácticas agrícolas (BPA), y otras relacionadas con la sostenibilidad y el comercio justo. Cada una de estas certificaciones tiene sus propios criterios y procesos de evaluación, y pueden variar según el mercado de destino.

Al evidenciar la oportunidad de obtener utilidades a partir de frutos que no logran ser comercializados por no cumplir con ciertas características del mercado, se evaluó la posibilidad de extraer aceite de aguacate a partir de estos mismos. Para ello, se realizó una investigación del mercado del aceite de aguacate, en la cual se identificó un estudio de mercado sobre las preferencias de consumo de aceite de aguacate Hass, realizado en 2022 por la Universidad de Tunja. Dicho estudio ofrece una visión panorámica del interés de las personas por productos derivados del aguacate, identificando sus posibles usos. La

investigación se enfocó en la recolección de información relacionada con la oferta, la demanda y el precio del aceite de aguacate Hass en Colombia. La muestra del estudio estuvo conformada por 1.872 personas residentes en las ciudades de Bogotá, Tunja, Bucaramanga y Villavicencio. Según los resultados, se evidenció un alto potencial de sustitución de otros aceites por el de aguacate, con fines nutricionales (72%), farmacológicos (45%), cosméticos (57%), como aderezo (75%), para frituras (63%) y en la cocción de alimentos (78%). En cuanto al precio, el 45% de los encuestados manifestó estar dispuesto a pagar entre \$10.000 y \$15.000 por 100 mL de aceite de aguacate; el 20% pagaría entre \$15.000 y \$20.000; el 15% entre \$20.000 y \$25.000; el 8% entre \$25.000 y \$35.000; y sólo un 2% estaría dispuesto a pagar más de \$35.000..[4]

El estudio concluye y recomienda que, al evaluar los diferentes aceites de uso cotidiano, se evidenció que el 48% de los encuestados manifestó no utilizar aceites de soya, maíz, palma ni grasa/manteca. Por otra parte, el aceite de coco fue identificado como el favorito para uso cosmético, con una preferencia del 23,1%. El uso de aceites con fines farmacológicos fue muy limitado. En cuanto al uso nutricional, los porcentajes oscilaron entre el 0,7% y el 5%. Respecto al uso como aderezo, el aceite de oliva fue el más preferido con un 20%, seguido por el aceite de aguacate (13%) y el aceite de soya (12,1%).

Por otra parte, en relación con el uso de aceites para la cocción de alimentos, el aceite de girasol fue el más utilizado (24%), seguido de la grasa-manteca de origen animal (21,6%) y del aceite de soya (15,2%). En cuanto al aceite de aguacate, el 8% de los encuestados manifestó utilizarlo con este propósito.

En relación al grado de conocimiento acerca del aceite de aguacate y sus propiedades, tan solo el 16% de los encuestados manifestaron conocer el producto y sus propiedades, mientras que el 34% manifestó nunca haber oído hablar sobre este producto, el 28% había oído hablar del producto y el 18% indicó conocer el aceite de aguacate, pero desconocían de sus propiedades. Sin embargo, el 98% de los encuestados indicaron su interés en el uso de este producto. Se observa una excelente posibilidad de sustituir los diferentes aceites que usan.

El estudio también añade que el vidrio, se consideró como el empaque favorito para más del 53% de los participantes, seguido del plástico y tan solo un 12% considera el sachet como buena opción.[4]

Fuera del estudio mencionado anteriormente se realizó un listado para contabilizar empresas en Colombia que ya compiten dentro de este mercado y se encontró con que en el mercado existen diferentes tipos de empresas desde pequeñas industrias hasta transnacionales que se interesaron en el potencial del mercado y la demanda internacional que tiene el aceite de aguacate en mercados como Europa y Estados Unidos que es uno de los principales consumidores.

Tabla IV. Tabla de comparativa de competidores

Competidor	Opera desde	Origen	Productos que ofrecen	Clasificación
NBF	2021	Palmira,	Aceite de aguacate extra virgen con aroma fino y delicado	Transnacional (Inversión Mexicana)
INNOVA FRUITS SAS	2004	Bogotá	Produce dos tipos de aceite de aguacate : Aceite premium equivalente al aceite extra virgen y aceite crudo de aguacate.	Gran empresa
La Simona	2013	Pereira	Aceite de aguacate alimenticio, prensado en frío	Mediana empresa
Natgreen Internacional s.a.s.	-	Armenia, Quindío	Producción y venta de Aceite Crudo de Aguacate Hass, Aceite Virgen de Aguacate Hass, Aceite Extra Virgen Aguacate Hass.	Gran empresa
Sovena Colombia S A S	2024	Pererira, Risaralda.	Aceite de aguacate alimenticio, emplea alrededor de 2,000 colaboradores	Transnacional (Inversión)
Smarth Cooking, Oleo Hass	2018	Medellín, antioquia	Aceite de aguacate 100% natural, que se extrae mecánicamente de la pulpa del aguacate. Tiene presentaciones con otros sabores como ajo, chile y albahaca	Mediana empresa
Avocados del Quindío	2021	Quindío	Aceite extra virgen de aguacate 100% natural bajo el método de presión en frío	Mediana empresa
Avotanic	2020	Ibagué, Tolima	Aceite de aguacate extra virgen y con sabores como ajo y elixir capilar de uso cosmético además de jabón de aguacate y caléndula	Pequeña empresa
Professor Hass	-	San Vicente Ferrer, Antioquia	Aceite extra virgen de aguacate 100% natural bajo el método de presión en frío	Pequeña empresa

Tabla V. Tabla de productos y presentaciones de aceite de aguacate en el mercado

Marca	Presentación	Precio (COP)	Vendido por
Natri	230 ml	\$ 13.950	D1
AEQ	250 ml	\$ 15.150	Carulla
Hey Chef	250 ml	\$ 31.500	Avocados del Quindío
Olivetto	Spray 183 gr	\$ 31.800	Farmatodo
Chosen Foods	Spray 134 gr	\$ 32.000	Carulla
Avotanic	250 ml	\$ 36.000	AVOTANIC
Oleo Hass Body Care	250 ml	\$ 39.600	Carulla
Hasscate	250 ml	\$ 40.000	Hasscate
Monticello	250 ml	\$ 41.500	Éxito
Terrafertil	250 ml	\$ 43.300	Éxito
Alpina Gourmet	250 ml	\$ 43.500	Éxito
Fruto del campo	250 ml	\$ 48.000	Éxito
Hey Chef	750 ml	\$ 68.500	Avocados del Quindío
La Tourangelle	500 ml	\$ 75.000	Éxito
Da Vinci	500 ml	\$ 75.200	Falabella
Hasscate	500 ml	\$ 77.000	Hasscate

La Tabla anterior presenta diversas marcas de aceite de aguacate, tanto nacionales como importadas, en el mercado colombiano, permitiendo identificar la competencia en este sector. Las marcas varían tanto en presentación como en precio, desde los \$13,950 COP por 230 ml hasta los \$75,200 COP por 500 ml de la marca Da Vinci. Este amplio rango de precios sugiere la existencia de distintos segmentos de mercado, asociados a diferentes calidades y posicionamientos del producto.

Además, la presencia de productos como el aceite de aguacate en spray indica una tendencia hacia formatos más convenientes, aunque la oferta en este tipo de presentación aún es limitada. En cuanto a las presentaciones tradicionales, las más comunes son de 250 ml y 500 ml, con algunas excepciones que incluyen productos en spray y envases más grandes, como los de 750 ml. El rango de precios para las presentaciones de 250 ml es particularmente variado, oscilando entre los \$13,950 COP de la marca Natri y los \$43,500 COP de Alpina Gourmet. Esta diferencia en los precios refleja factores como el posicionamiento de la marca, la calidad percibida por los consumidores y los costos asociados a la producción o importación del producto. Estos elementos juegan un papel crucial en la estrategia de cada marca para captar diferentes segmentos del mercado.

### 3.6.2 Exploración de mercado del guacamole [7]

El mercado global del guacamole ha crecido de manera sostenida debido a la creciente popularidad del aguacate como superalimento y al aumento en la demanda de productos saludables y naturales. Este producto, un elemento básico en la cocina mexicana, ha encontrado aceptación mundial gracias a su perfil nutricional y su versatilidad culinaria. Este apartado explora el mercado del guacamole, identificando sus impulsores, oportunidades, y desafíos, y proporcionando un análisis detallado de los indicadores clave de desempeño para guiar estrategias de entrada y expansión en este sector.

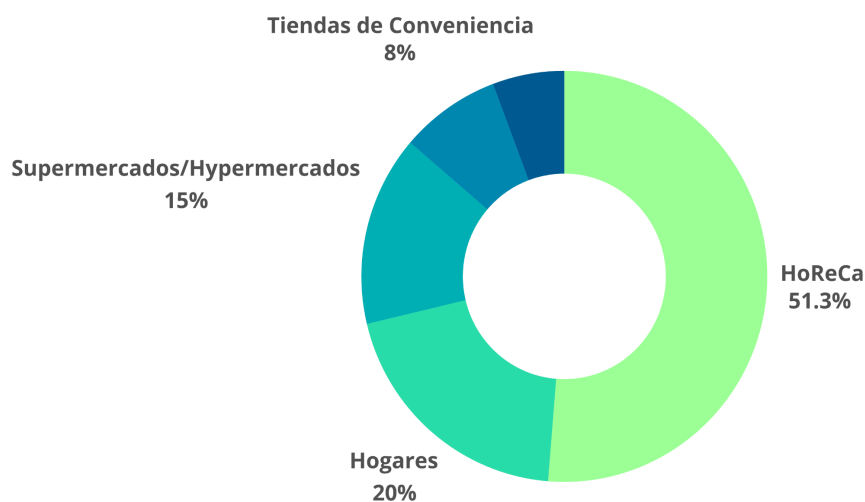
El tamaño del mercado global del guacamole se estimó en USD 309.0 millones en 2023 y se proyecta que crezca a una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) de 5.8% de 2024 a 2030. [7]. Este crecimiento está impulsado por una mayor demanda de alimentos saludables y naturales y por la creciente popularidad de la cocina mexicana a nivel mundial. Los consumidores están cada vez más conscientes de los beneficios del aguacate, rico en grasas saludables, vitaminas, y minerales, lo que ha convertido al guacamole en una opción preferida para aquellos que buscan mejorar su bienestar a través de la alimentación.

#### Segmentación del Mercado

El mercado del guacamole se puede segmentar según el uso final y la naturaleza del producto:

- **HoReCa (Hoteles, Restaurantes, Catering):** Este segmento representó el **51.28% de los ingresos globales** en 2023, impulsado por la creciente popularidad de la cocina mexicana y la demanda de ingredientes frescos y saludables. Los restaurantes y servicios de catering utilizan guacamole como acompañamiento versátil para platos principales, entradas, y aperitivos.
- **Consumo en Hogares:** Se proyecta que el consumo de guacamole en los hogares crezca a una **CAGR del 6.1%** de 2024 a 2030, debido al aumento en la conciencia sobre los beneficios para la salud de los aguacates y la conveniencia de los productos listos para consumir.
- **Mercado Orgánico:** El segmento de guacamole orgánico se espera que crezca a una **CAGR del 6.1%** de 2024 a 2030, impulsado por la demanda de productos libres de OGM y prácticas sostenibles de producción. [7].

Figura III. Gráfico de segmentación de mercado de guacamole, Adaptado de [7]



### Análisis Regional del Mercado

- **Norte América:** Esta región es el mercado más grande de guacamole, con una proyección de crecimiento a una **CAGR del 5.8%** de 2024 a 2030. La popularidad de los aguacates y la cocina mexicana, junto con la conveniencia de productos listos para consumir, ha impulsado la demanda.
- **Asia-Pacífico:** Con una cuota de mercado del **19.55% en 2023**, el guacamole está ganando terreno debido a la creciente adopción de alimentos internacionales y la percepción del aguacate como un “superalimento”. El aumento de la disponibilidad de guacamole en supermercados y tiendas en línea ha hecho que el producto sea más accesible para los consumidores de la región.
- **Europa:** El mercado europeo está impulsado por la creciente adopción de dietas veganas y vegetarianas. Se proyecta que crezca a una **CAGR del 5.6%** de 2024 a 2030, con el guacamole siendo utilizado como un ingrediente versátil en comidas sin carne.

### Competencia y Principales Actores del Mercado

Tabla VI. Tabla de cuota de mercado y tasa de incremento anual compuesto, Adaptado de [7]

Región	Cuota de Mercado 2023 (%)	CAGR (2024-2030) (%)
Norte America	38,5	5,8
Europa	22	5,6
Asia - Pacifico	19,55	6
America Latina	11,5	5,4
Oriente Medio y Africa	8,5	5,3

El mercado de guacamole es competitivo, con empresas líderes enfocándose en nuevas formas de productos, asociaciones estratégicas y expansión en nuevos mercados. Algunos de los principales actores incluyen **Avo-King, MegaMex Foods, LLC, SNOWCREST, SABRA DIPPING CO., LLC, Westfalia Fruit (Pty) Ltd, Conagra Brands, Calavo Growers, Inc., B&G Foods, Inc., Ventura Foods, LLC, y Casa Sanchez SF**. Estas compañías dominan el mercado y establecen las tendencias de la industria, impulsadas por la innovación en empaques, ingredientes, y ofertas de productos.

Tabla VII. Tabla de principales actores del sector de guacamole, Adaptado de [7]

Empresa	Cuota de Mercado (%)	Estrategia Clave	Innovacin Reciente
Avo - King	15	Expansión en mercados emergentes	Nuevas líneas de productos orgánicos
MegaMex Foods	14	Sociedades estratégicas	Alianzas con cadenas de restaurantes
SABRA DIPPING CO.	12	Marketing digital intensivo	Diversificación de productos
Westfalia Fruit	10	Control de calidad y maduración	Nueva planta de maduración en India

### Oportunidades de Mercado y Factores de Crecimiento

- **Innovación en Productos:** El lanzamiento de guacamole orgánico, sin conservantes, y con ingredientes adicionales (como jalapeños y granos) está atrayendo a consumidores más conscientes de la salud.
- **Preferencias del Consumidor:** La demanda de guacamole listo para consumir y en diferentes formatos está en aumento debido a la conveniencia, especialmente entre los millennials y la Generación Z.
- **Promociones Sazonales y Eventos:** En EE. UU., las ventas de guacamole aumentan durante eventos como el Super Bowl y el Cinco de Mayo, reflejando su integración cultural y su versatilidad como producto.

### Indicadores Clave de Desempeño (KPI's) y Desafíos

Los KPI's clave para monitorear en el mercado del guacamole incluyen el crecimiento de ventas, el margen bruto, la retención de clientes, y la penetración en nuevos mercados. Los desafíos incluyen la fluctuación de precios del aguacate, la competencia, y la necesidad de cumplir con regulaciones alimentarias estrictas.

Tabla VIII. Tabla de KPI's del sector del guacamole, Adaptado de [7]

KPI	Valor Actual	Meta 2030	Estrategia de Mejora
Crecimiento de ventas	6%	7%	Expansión a nuevos canales de venta
Margen Bruto	34%	40%	Optimización de la cadena de suministro
Retencion de Clientes	60%	75%	Programas de fidelización y recompensas

Tabla IX. Tabla de productos y presentaciones de guacamole en el mercado nacional

Guacamole			
Marca	Presentación	Precio (COP)	Vendido por
Pietran	200 gr	\$ 12.900	Éxito
Sagal	500 gr	\$ 16.900	Tiendas Sagal
Closed Door	200 gr	\$ 20.000	La hacienda America
Guacamole	200 gr	\$ 3.590	Juancamoles
Guacamole Taconacho	400 gr	\$ 10.100	Carulla
Salsa tipo guacamole / Zafran	200 gr	\$ 9.400	Carulla
Salsa tipo guacamole / Zev	200 gr	\$ 3.490	D1
Guacamole Artesanal	250 gr	\$ 13.000	Tienda Lauracate
Guacamole Abocados	200 gr	\$ 10.990	Jumbo

El mercado del guacamole en Colombia presenta una amplia gama de precios y presentaciones, lo que refleja la diversidad de opciones disponibles para los consumidores y los distintos nichos de mercado a los que las marcas apuntan. La Tabla adjunta ofrece una visión detallada de varias marcas de guacamole, sus presentaciones, y los precios en distintos puntos de venta.

En cuanto a las presentaciones, las marcas ofrecen principalmente empaques de 200 a 500 gramos, con precios que varían entre \$3,490 COP (en tiendas de descuento como Tienda D1) y \$20,000 COP en marcas premium como Closed Door, que se venden en puntos de venta especializados como La Hacienda América. Esta diversidad en los precios indica que el guacamole se comercializa en diferentes segmentos de mercado, desde opciones accesibles para el consumo masivo hasta productos gourmet que se posicionan en el segmento de lujo.

Los puntos de venta también juegan un papel importante en la estrategia de distribución de cada marca. Supermercados de gran alcance como Éxito, Jumbo y Carulla manejan marcas reconocidas como Pietran, Guacamole Abocados y Guacamole Tacnacho, ofreciendo precios entre \$10,000 y \$13,000 COP para presentaciones de 200 a 400 gramos. Por otro lado, tiendas más especializadas o locales como Tiendas Sagal y La Hacienda América manejan productos de mayor precio, destacando la posibilidad de capturar diferentes nichos de consumidores en función de su poder adquisitivo y preferencias por productos más exclusivos.

Otro aspecto interesante es la presencia de marcas que comercializan salsas tipo guacamole, como Zafran y Zev, que tienen un precio más bajo, entre \$3,490 y \$9,400 COP, lo que refleja su enfoque en un público que busca alternativas de menor costo pero con el sabor característico del guacamole.

### 3.7 Análisis de oportunidad

Para el diseño del sistema productivo de aceite de aguacate alimenticio y guacamole, es esencial realizar un análisis detallado de las oportunidades que ofrece el proyecto. Este análisis debe identificar y evaluar las potencialidades del sistema productivo en términos de beneficios económicos, sociales y ambientales, así como su viabilidad en el mercado.

#### Potencialidades del Proyecto

- **Beneficios Económicos:**

El aprovechamiento de aguacates de tercera categoría para la producción de aceite y guacamole presenta una oportunidad para reducir pérdidas y aumentar los ingresos de los productores. La creciente demanda de aceite de aguacate en la industria alimentaria, junto con el aumento en el consumo de guacamole en mercados internacionales, proporciona un entorno favorable para la expansión del proyecto.

Proyección de crecimiento: El mercado global de aceite de aguacate se espera que crezca a una tasa compuesta anual del 6% entre 2024 y 2030, mientras que el mercado del guacamole experimentará un crecimiento del 5.8% debido a su creciente popularidad en Norte América y Europa.

Optimización de costos: La producción de aceite y guacamole a partir de frutas de descarte optimiza el uso de la materia prima, disminuyendo el costo promedio de producción y aumentando el margen de beneficio.

- **Beneficios Sociales:**

El proyecto tiene el potencial de generar empleo y mejorar la calidad de vida de las comunidades agrícolas, especialmente en regiones rurales donde están concentrados los campos de producción de materia prima. La implementación de un sistema productivo sostenible también promueve la capacitación y el desarrollo de habilidades en prácticas de producción sostenible y gestión de residuos.

- **Beneficios Ambientales:**

La utilización de aguacates que no cumplen con los estándares de exportación reduce significativamente el desperdicio agrícola. Al transformar estos productos en aceite o guacamole, se promueve un modelo de economía circular que minimiza el impacto ambiental de la producción de aguacate. La implementación del proyecto podría reducir el desperdicio de aguacate en un 20%, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la descomposición de residuos orgánicos.

### **Análisis de Viabilidad en el Mercado:**

El proyecto se enfoca en el desarrollo de una gama diversificada de productos derivados del aguacate: aceite de uso alimenticio y guacamole en diferentes presentaciones. La diversificación de la mezcla de productos permite captar diferentes segmentos de consumidores y responder a demandas específicas en mercados locales e internacionales. Explorando una diversificación en el mercado con aceite de aguacate en formatos convencionales y orgánicos, así como guacamole con ingredientes adicionales como chiles, especias o versiones listas para consumir. Para ello, se ha considerado el enfoque de las tres P del mercadeo: producto, precio y plaza.

### **Producto:**

El proyecto se centrará en la producción de dos productos clave derivados del aguacate: aceite de aguacate alimenticio y guacamole. Ambos productos han sido seleccionados por su alta demanda en mercados nacionales e internacionales, debido a su perfil saludable y su versatilidad en aplicaciones alimenticias.

- **Aceite de aguacate alimenticio:** Este producto está en creciente demanda, impulsado por las tendencias de consumo de grasas saludables en Europa y América del Norte. Se puede posicionar como un producto premium debido a sus beneficios nutricionales, como su alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados. Además, el aceite se puede extraer de aguacates de segunda y tercera categoría que no cumplen los requisitos para ser exportados como fruta fresca, reduciendo así el desperdicio y optimizando la cadena de valor.
- **Guacamole:** Es un producto versátil y en constante crecimiento, particularmente en el mercado norteamericano y europeo. Su popularidad está impulsada por la tendencia hacia alimentos frescos y listos para consumir. La producción de guacamole permite aprovechar aguacates que, por su apariencia o tamaño, no son aptos para el mercado de exportación, lo que añade valor a la producción local.

### **Precio:**

La estrategia de precios del proyecto será clave para garantizar su competitividad en los mercados objetivos. El aceite de aguacate alimenticio, debido a su calidad y perfil premium, se comercializará a precios más elevados en comparación con otros aceites comestibles. Se posicionará en un rango de precios que refleje su valor agregado y sus beneficios saludables. Se han considerado estudios de mercado que indican que los consumidores estarían dispuestos a pagar entre \$10.000 y \$20.000 COP por 100 ml de aceite de aguacate de calidad superior, lo que sitúa el precio del producto en un segmento medio-alto.

En el caso del guacamole, se optará por una estrategia de precios competitiva que permita captar tanto el mercado de consumo masivo como el mercado especializado. Su precio estará alineado con otros productos similares en el mercado, pero con un enfoque en ofrecer opciones diferenciadas, como presentaciones con ingredientes adicionales (chiles, especias) y variedades de guacamole orgánico, lo que permitirá ajustar los precios según las preferencias del consumidor y los diferentes nichos de mercado.

### **Plaza (Distribución):**

La distribución de los productos será un factor decisivo para el éxito del sistema productivo. Se priorizará canales de distribución tradicionales y modernos:

- **Canales tradicionales:** Se comercializará el aceite de aguacate y el guacamole a través de supermercados y tiendas especializadas en productos naturales y gourmet en mercados locales e internacionales. Se establecerán alianzas con distribuidores en Norteamérica, Europa y el mercado local colombiano, donde la demanda de productos saludables está en crecimiento.
- **Comercio electrónico:** Aprovechando el auge de las plataformas de venta en línea, se establecerán estrategias para la venta de productos a través de plataformas como Amazon, tiendas especializadas en productos orgánicos, y tiendas en línea que distribuyen productos gourmet. Esto permitirá alcanzar un público más amplio y adaptarse a la creciente demanda de productos naturales y saludables que buscan los consumidores a través de estos canales.
- **Exportación:** En cuanto al aceite de aguacate, se explorarán oportunidades de exportación, principalmente a mercados europeos y norteamericanos, donde la tendencia hacia el consumo de aceites saludables está en auge. Las alianzas con distribuidores locales en estos mercados garantizarán que los productos lleguen de manera eficiente a los puntos de venta y al consumidor final.

La distribución en mercados internacionales requiere la implementación de una logística eficiente y alianzas estratégicas con distribuidores locales. Realizando un correcto análisis de mercados objetivos y potenciales se logrará ampliar la distribución en Norte América, Europa y Asia-Pacífico, adaptando la estrategia de entrada al mercado a las características específicas de cada región.

La combinación de estos tres factores (producto, precio y plaza) permitirá al proyecto no solo reducir el desperdicio de aguacate en la región, sino también capitalizar en la creciente demanda de productos naturales y saludables, generando un impacto positivo en la economía local y regional. La adopción de una estrategia integral, basada en estudios de mercado, asegurará que los productos derivados del aguacate se posicionen de manera competitiva en el mercado global.

### 3.8 Descripción del producto

El aceite de aguacate es un producto natural y versátil, extraído de la pulpa del aguacate, que destaca por su alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, vitaminas y antioxidantes. Ideal para la cocina, es perfecto para aderezar ensaladas, cocinar a altas temperaturas y como ingrediente en productos cosméticos debido a sus propiedades hidratantes y regenerativas para la piel y el cabello. Su creciente popularidad refleja la demanda de ingredientes saludables y naturales en la gastronomía y el cuidado personal.

Las presentaciones más comunes en el mercado del aceite de aguacate incluyen botellas de vidrio oscuro o plástico, con capacidades que van desde 250 ml hasta 1 litro, lo que se adapta a las diferentes necesidades de los consumidores. El portafolio de productos abarca aceite de aguacate virgen extra, así como mezclas con otros aceites y sabores, ofreciendo opciones tanto para chefs profesionales como para consumidores que buscan llevar un estilo de vida saludable.

## 4. Objetivos

### Objetivo general:

Diseñar un sistema productivo de aceite de aguacate alimenticio y guacamole, mediante la definición de la cantidad de recursos humanos, tecnológicos y financieros requeridos; los procesos productivos y sus procedimientos que permitan a los productores reducir el desperdicio de aguacate e incrementar el valor agregado de su producción.

### Objetivos específicos:

1. Establecer el diseño preliminar del sistema de producción mediante la definición de productos, el plan maestro de producción, las listas de materiales, los procesos productivos y la matriz de flujo, con el fin de refinar los requerimientos necesarios para el diseño definitivo de la planta productora de aceite de aguacate y guacamole.
2. Desarrollar el sistema propuesto mediante la definición de sus capacidades, recursos, tecnología y demás elementos relevantes, mediante la aplicación de herramientas especializadas de Ingeniería Industrial.
3. Validar el diseño propuesto mediante modelos de análisis financieros, como flujos de caja y análisis del punto de equilibrio, con el fin de evaluar el aumento del valor agregado de los productos y el costo-beneficio del proyecto.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1. *Revisión de Literatura*

La transformación de residuos agrícolas en productos de valor agregado ha sido un tema ampliamente estudiado, debido a los beneficios económicos y ambientales que ofrece. En los últimos años, la industria del aguacate ha demostrado potencial en este campo, con varios estudios enfocados en reducir el desperdicio mediante métodos innovadores de procesamiento. Esta revisión de literatura examina estudios relevantes sobre el procesamiento de residuos agrícolas, particularmente para la producción de productos derivados del aguacate, comparando metodologías, tecnologías y resultados para informar y mejorar el diseño del proyecto actual.

### 2. *Procesamiento de Residuos Agrícolas para Generar Valor Económico*

Los residuos agrícolas, especialmente de frutas, se han reconocido como una fuente para la creación de productos de valor agregado, incluyendo aceites, purés y derivados en polvo. Estudios de Grand View Research (2024) sobre los mercados de aguacate y guacamole destacan que en América del Norte y Europa ha aumentado la demanda de aceite de aguacate debido a las tendencias de consumo saludable, favoreciendo dietas con alto contenido de grasas monoinsaturadas. Adicionalmente, la transformación de residuos agrícolas es apoyada por organizaciones que buscan reducir las pérdidas poscosecha, como en Colombia, donde aproximadamente el 30% del aguacate cosechado no cumple con los estándares de exportación.

En Colombia, un porcentaje significativo de aguacates es descartado debido a los estrictos estándares de calidad, lo cual ha motivado el estudio sobre la gestión de residuos en este sector. Según DANE (2024), la mayor parte del desperdicio ocurre durante el manejo poscosecha, debido a daños mecánicos, maduración inadecuada y variaciones en el tamaño, factores que hacen que los frutos no sean comercializables. El aprovechamiento de estos frutos descartados para la producción de aceite y guacamole no solo reduce el desperdicio, sino que también ofrece nuevas fuentes de ingresos para los productores locales.

### 3. *Métodos para la Producción de Aceite de Aguacate y Guacamole*

La extracción de aceite de aguacate de baja calidad ha sido ampliamente estudiada, y uno de los métodos más recomendados es la extracción en frío debido a su capacidad para retener altos niveles de nutrientes beneficiosos. Este método es reconocido por producir aceite de alta calidad al tiempo que minimiza el impacto ambiental, tal como señalan Arias Zapata y Ayala Valderrama (2022). La extracción en frío es particularmente ventajosa para el aceite de aguacate, ya que mantiene los compuestos naturales de la fruta, posicionándolo como un producto premium en mercados de consumidores conscientes de la salud.

Para la producción de guacamole, los avances en técnicas de conservación, como la pasteurización y el envasado al vacío, han hecho posible extender la vida útil de los productos procesados sin comprometer su calidad. Estudios de Grand View Research también muestran que el guacamole tiene una amplia base de consumidores en mercados internacionales, con una proyección de crecimiento impulsada por su popularidad como producto listo para consumir. Esto presenta una oportunidad para desarrollar productos de valor agregado en áreas donde el aguacate fresco no puede ser almacenado o vendido, reduciendo así el desperdicio.

### 4. *Aplicación de Centros de Acopio y Procesamiento Regional*

El modelo de centros de acopio regionales con procesamiento inicial, antes de transportar el producto a una planta central para el procesamiento final, ha demostrado ser una estrategia eficaz en la industria de productos frescos para reducir el deterioro y los costos logísticos. En el diseño propuesto para el procesamiento de residuos de aguacate, los centros de acopio regionales realizarán operaciones preliminares, como pelado y deshuesado, lo cual estabiliza el producto y lo prepara para el transporte a una planta central. Este método no solo extiende la vida útil de la materia prima, sino que también aumenta la viabilidad económica de producir aceite y guacamole a gran escala.

## 5. *Implicaciones de Sostenibilidad y Beneficios Económicos*

El uso sostenible de subproductos agrícolas es fundamental para reducir el impacto ambiental y mejorar los medios de vida de los agricultores en las regiones productoras de aguacate. La utilización de residuos de aguacate para la producción de aceite y guacamole apoya una economía circular, alineándose con investigaciones que destacan los beneficios ambientales de reducir los residuos agrícolas. Por ejemplo, estudios han demostrado que la reutilización de residuos de aguacate podría reducir las emisiones asociadas a la descomposición de la fruta y apoyar la salud del suelo cuando subproductos como las semillas son utilizados como compost.

El enfoque del proyecto actual, que combina sostenibilidad con incentivos económicos, se alinea con tendencias globales que favorecen prácticas sostenibles. Además, la generación de valor a partir de los residuos de aguacate beneficia a las áreas rurales, donde el aumento de oportunidades laborales y la capacitación en prácticas sostenibles pueden impulsar el desarrollo local.

## 6. *Comparación con la Propuesta Actual*

La literatura revisada subraya diversas metodologías exitosas para la transformación de residuos agrícolas en productos comercializables, con énfasis en la sostenibilidad económica y ambiental. La propuesta actual adopta prácticas óptimas observadas en estos estudios, implementando centros de acopio regionales para el procesamiento inicial y una planta central para la preparación del producto final. Esta configuración, respaldada por investigaciones previas, mejora la calidad del producto, reduce el desperdicio y optimiza la logística de transporte. Además, al enfocarse en dos productos de alta demanda—aceite de aguacate y guacamole—el proyecto busca capturar tendencias de consumo en alimentos saludables mientras proporciona una solución sostenible al desperdicio de aguacate.

En conclusión, el diseño propuesto en este proyecto se basa en metodologías validadas y aplicaciones exitosas en la gestión de residuos agrícolas, alineándose con las mejores prácticas en el campo para crear un sistema económicamente viable y ambientalmente beneficioso para la industria del aguacate en Colombia.

## 7. *Ausencia de Investigaciones Directamente Relacionadas*

El diseño de sistemas productivos orientados a la reutilización de aguacates descartados carece de antecedentes documentados en la literatura científica. Aunque se encuentran investigaciones que abordan aspectos técnicos relacionados con el procesamiento de aguacate, estas tienden a centrarse en la optimización de procesos de extracción de aceite o en el análisis de propiedades físico-químicas del fruto, dejando un vacío en torno a la reutilización de frutas descartadas como insumos principales. Esto dificulta la posibilidad de comparar y contrastar enfoques metodológicos directamente aplicables al presente proyecto.

Por ejemplo, Acosta (2011) evaluó métodos para la extracción de aceite de aguacate mediante el uso de solventes y fluidos supercríticos, estableciendo lineamientos técnicos relevantes para aplicaciones industriales. No obstante, este estudio se enfoca exclusivamente en el procesamiento del aguacate de calidad comercial, sin considerar los desafíos que implica trabajar con materias primas de tercera categoría, como las frutas descartadas por su bajo valor comercial.

## 8. *Dificultad de Encontrar Literatura Tangencial*

Ante la falta de investigaciones específicas, ha sido necesario recurrir a estudios tangenciales que ofrecen elementos conceptuales aplicables al diseño de este proyecto. En este sentido, el proyecto GO AGUACAVALUE destaca como un referente al proponer la valorización de subproductos del aguacate para la obtención de nutracéuticos, cosméticos y alimentación animal, promoviendo principios de economía circular (FruitToday). Sin embargo, este enfoque se limita a los subproductos como la cáscara y el hueso, sin abordar la integración de frutas enteras descartadas en sistemas productivos.

Asimismo, la caracterización técnica de procesos de extracción de aceite de aguacate, como la presentada en el repositorio de la Universidad ECCI, proporciona información valiosa sobre la viabilidad de implementar tecnologías como la extracción en frío,

especialmente en contextos de recursos limitados. Aunque este trabajo no se centra en el aprovechamiento de frutas descartadas, sus hallazgos permiten extrapolar estrategias adaptables a las necesidades del proyecto.

### III. DISEÑO CONCEPTUAL Y PRELIMINAR

#### 1. Requerimientos

En este apartado es importante mencionar que para el diseño de un sistema productivo de aceite de aguacate alimenticio y guacamole, será fundamental definir los requerimientos. Estos deben alinearse con el objetivo general y priorizar las necesidades de los clientes, considerando elementos clave que influyen en el diseño de la planta de producción. En este sentido, la información obtenida a través de la entrevista con el señor Jesús Fernando Gaviria, productor de aguacates del departamento de Nariño, municipio de San Lorenzo, fue esencial para comprender las condiciones reales del sector y los desafíos actuales que enfrentan los productores. Esta entrevista nos proporcionó datos cualitativos y cuantitativos muy valiosos sobre la producción, las expectativas y los principales problemas que deben ser resueltos para mejorar la eficiencia y rentabilidad de la cadena productiva. Con base en esto, se desarrollarán los requerimientos técnicos y operativos necesarios para diseñar un sistema productivo.

#### 1.1 Clarificación de objetivos

Tabla X. Tabla de clarificación de objetivos.

Diseñar un sistema productivo de aceite de aguacate alimenticio y guacamole mediante la definición de la cantidad de recursos humanos, tecnológicos y financieros requeridos; los procesos productivos y sus procedimientos que permita a los productores reducir el desperdicio de aguacate e incrementar el valor agregado a su producción.	1. Buenas practicas	1.1) Procedimientos estandarizados para cumplir las normas locales 1.2) Condiciones laborales adecuadas: Salarios justos, horarios razonables y seguridad en el trabajo 1.3) Cumplir con los estandares de calidad alimentaria y requisitos del mercado
	2. Factores sociales	2.1) Generar empleos directos e indirectos en la comunidad 2.2) Ofrecer oportunidades de capacitación y desarrollo profesional 2.3) pago de precios competitivos para los productores
	3. Complejidad de diseño	3.1) Poca complejidad en el sistema productivo que minimice tiempos, costos y recursos 3.2) Asegurar que los procesos sean fáciles de aprender y aplicar para los trabajadores 3.3) Diversificación de productos (línea de aceite y guacamole) sin aumentar excesivamente la complejidad del sistema
	4. Factores economicos	4.1) Costos de operación y mantenimiento ajustado a la ruralidad 4.2) Priorizar inversiones en equipos y tecnologías con alta relación costo-beneficio
	5. Factores tecnicos	5.1) Implementar procesos técnicos que aprovechen al máximo el aguacate y minimicen el desperdicio 5.2) Tecnologías fáciles de mantener, con repuestos disponibles y técnicos locales capacitados
	6. Factores ambientales	6.1) Gestión adecuada de residuos 6.2) Mínimo impacto de emisiones 6.3) Uso responsable de recursos como agua, energía, etc
	7. Factores legales y regulatorios	7.1) Cumplimiento de regulaciones y normativas locales (ICA, CVC, INVIMA)

A través de la clarificación de objetivos, esta herramienta visual permite desglosar el objetivo general del proyecto en categorías clave, como buenas prácticas, factores sociales, complejidad del diseño, aspectos técnicos y ambientales, entre otros. Cada uno de estos requerimientos está alineado con lo que nuestros stakeholders esperan.

#### 1.2 Análisis Funcional

El análisis funcional desglosa las acciones necesarias para cumplir con los requerimientos del sistema productivo. Identifica subsistemas y recursos clave para asegurar la eficiencia, detallando los procesos principales y secundarios. Basado en las expectativas del cliente, organiza los componentes que contribuyen a la obtención del aceite de aguacate y guacamole, asegurando que cada función esté alineada con los objetivos y necesidades planteadas en el apartado anterior.

### *1.2.1 Sistema productivo aceite:*

**Recepción del aguacate:** Los aguacates son recibidos en la planta de procesamiento, donde se realiza un control de calidad para asegurarse de que sean aptos para su procesamiento.

**Deshuesado y pelado:** Los aguacates seleccionados pasan por un proceso de deshuesado, en el que se retira la semilla y se pelan para obtener la pulpa. La cáscara y la semilla serán desechadas. (definir si es manual o con maquinaria).

**Trituración:** La pulpa de aguacate se tritura para formar una pasta homogénea. La trituración rompe las células de la pulpa, liberando los aceites y facilitando la extracción posterior. Esta pasta aún contiene agua, fibra y grasa.

**Batido:** La pasta de aguacate se bate a baja velocidad y temperatura para ayudar a agrupar las gotas de aceite y prepararlas para la extracción. Este proceso mejora la eficiencia del prensado, ayudando a liberar el aceite de manera más uniforme.

**Prensado:** La pasta batida se somete a un proceso de prensado, que puede ser en frío para conservar las propiedades nutricionales del aceite. En esta etapa, se extrae el aceite de la pulpa mediante presión mecánica, separándolo de los residuos sólidos y el agua. El residuo fibroso o “torta” serán desechados.

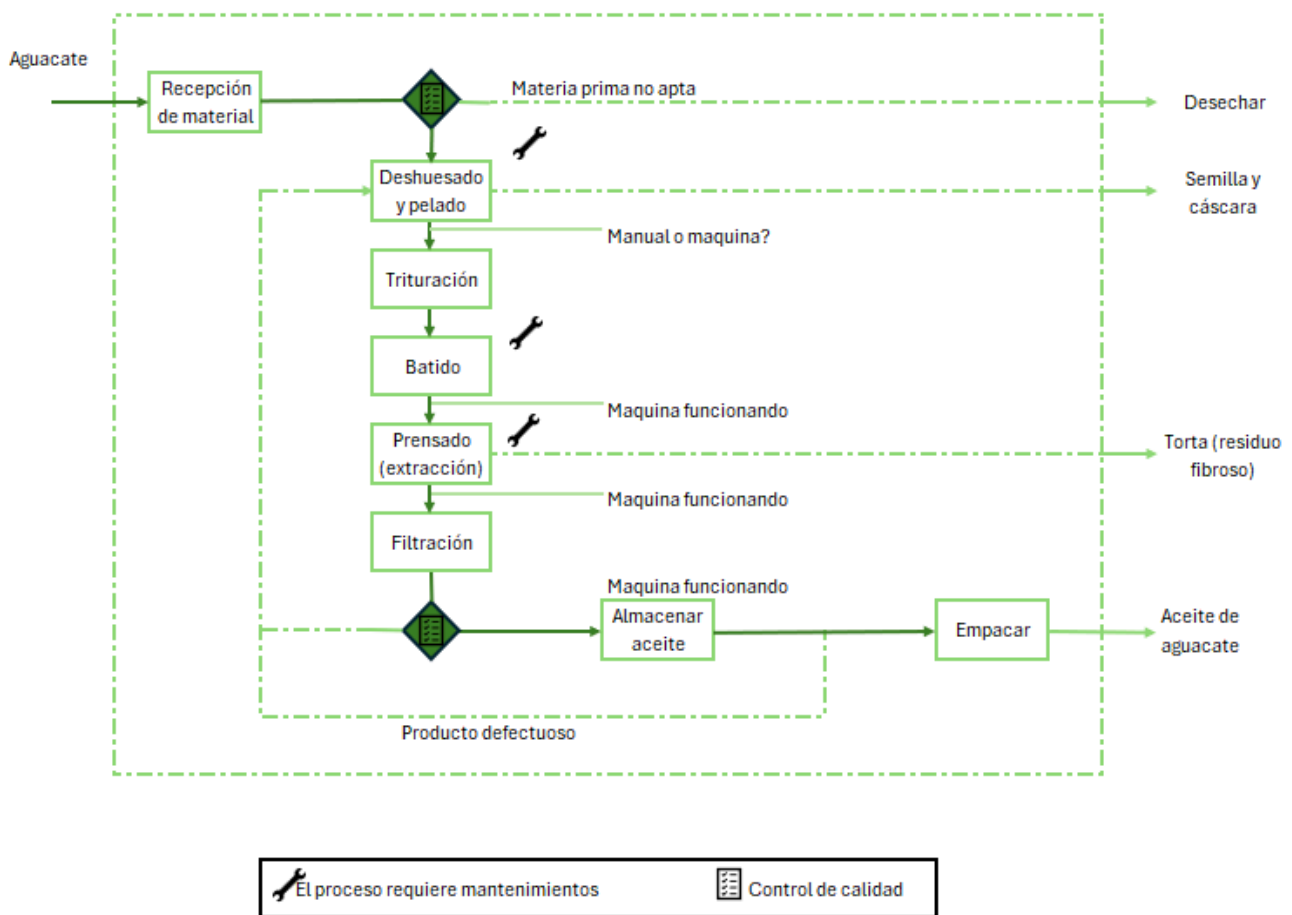
**Filtración:** El aceite crudo obtenido en el prensado pasa por un proceso de filtración para eliminar las impurezas y restos de pulpa. Este paso es fundamental para asegurar que el aceite sea limpio, claro y de alta calidad, listo para el consumo o para procesos adicionales de refinación si es necesario.

**Almacenamiento:** El aceite filtrado se almacena en tanques de acero inoxidable a temperaturas controladas para evitar la oxidación y conservar su frescura. Los tanques deben estar sellados herméticamente para evitar la contaminación y la pérdida de calidad.

**Empaque:** Finalmente, el aceite de aguacate se envasa en botellas de vidrio oscuro o plástico, diseñadas para protegerlo de la luz y mantener su frescura. Las botellas son etiquetadas con la información necesaria, como el tipo de aceite, fecha de producción y lote, y luego se embalan para su distribución y venta.

Este proceso asegura la extracción de un aceite de aguacate de alta calidad, preservando sus nutrientes y características naturales, especialmente cuando se utiliza el método de prensado en frío.

Diagrama I. Caja Transparente para sistema productivo de aceite de aguacat



### 1.2.2 Sistema productivo guacamole:

**Recepción y selección de materia prima:** Los aguacates son recibidos en la entrada de planta de producción, al igual que otros ingredientes que serán necesarios para el procedimiento tales como cebolla, cilantro y limón. Se lleva a cabo un control de calidad para asegurar que los ingredientes estén en óptimas condiciones, con el grado de madurez adecuado y libres de daños o contaminación.

**Deshuesado y pelado del aguacate:** Los aguacates se deshuesan mediante maquinaria especializada que corta y retira las semillas y la cáscara (o manualmente). Se obtiene solo la pulpa, que es la parte que se utiliza para la elaboración del guacamole, mientras que la semilla y la cáscara se desechan.

**Trituración y macerado:** La pulpa de aguacate pasa a una máquina de trituración, que la macera hasta obtener una textura uniforme y adecuada para el guacamole. Se controla la textura según las especificaciones del producto (puede ser más cremosa o con trozos de aguacate).

**Mezcla de ingredientes:** La pulpa triturada se mezcla con los demás ingredientes (cebolla, cilantro, chiles, jugo de limón, sal) en una mezcladora mediana y se ajustan las proporciones para mantener el sabor característico del guacamole.

**Control de calidad y ajuste de pH:** Se realizan pruebas de calidad para verificar la consistencia, sabor, color y acidez del guacamole. En esta etapa, se puede ajustar el pH del producto con la adición de jugo de limón para asegurar su estabilidad y extender su vida útil.

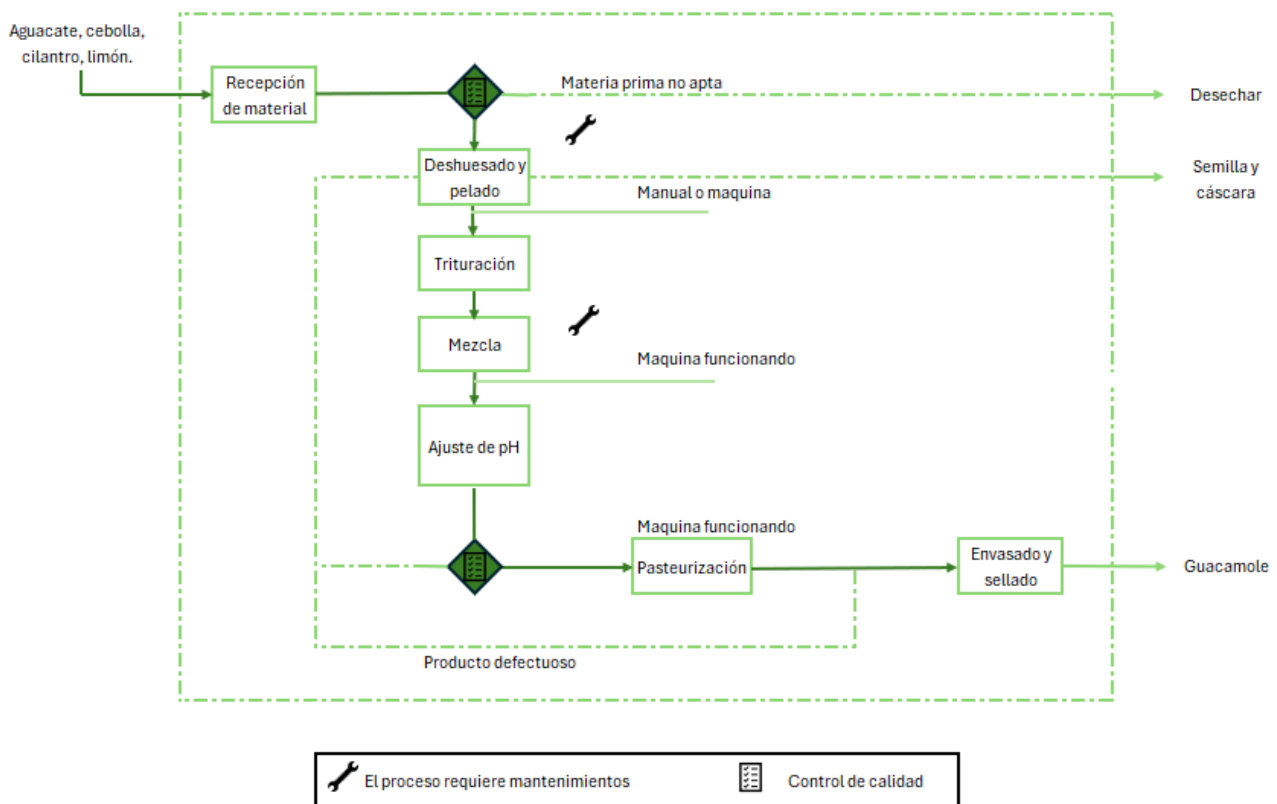
**Pasteurización:** El guacamole es sometido a un proceso de pasteurización leve, mediante el cual se calienta a una temperatura controlada para eliminar microorganismos sin alterar significativamente el sabor ni la textura del guacamole. Este paso es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y prolongar la vida útil del producto.

**Envasado y sellado:** El guacamole pasteurizado se envasa en recipientes herméticos ya sean de plástico o vidrio, bajo un ambiente controlado para evitar la exposición al oxígeno. Esto ayuda a mantener el color verde del guacamole y prevenir la oxidación.

**Consideraciones del proceso industrial:**

- **Control de temperatura:** En todo el proceso, se mantienen temperaturas controladas para evitar la oxidación y la proliferación de microorganismos.
- **Aditivos permitidos:** A nivel industrial, pueden utilizarse aditivos naturales como antioxidantes para mejorar la estabilidad del guacamole.
- **Regulación sanitaria:** El proceso debe cumplir con todas las normativas sanitarias y de seguridad alimentaria vigentes, asegurando que el guacamole sea seguro para el consumo y tenga una vida útil adecuada para el mercado

*Diagrama II. Caja Transparente para sistema productivo de guacamole*



**1.3 Fijación de requerimientos del cliente**

Habiendo previamente analizado los objetivos del diseño y establecido las acciones necesarias para cumplir con los requerimientos del sistema productivo, Se recopilan en este apartado los requerimientos clave (VoC) de los principales stakeholders, en relación con el diseño de la planta. Las necesidades y expectativas de los grupos son fundamentales para asegurar el éxito del proyecto, a continuación se enlistan algunos de los mismos de manera cualitativa tomando en cuenta la voz del cliente.

- Pago de precio justo por la materia prima
- Costos mínimos de inversión
- Procedimientos intuitivos y fáciles de entender
- Instalación de equipos que requieran infraestructura básica
- Sistema adaptado a a ruralidad
- Acceso sencillo a los componentes críticos para el mantenimiento
- Compromiso a largo plazo
- Oportunidades de empleo
- Buenas condiciones laborales
- Uso de un espacio máximo de la planta de 500mt2

haciendo identificado lo anterior se puede decir que uno de los principales aspectos es el presupuesto, además de reducir costos mientras se cubren las necesidades operativas es una prioridad, garantizando un retorno que permita a las asociaciones ver beneficios en el corto plazo. También se prioriza la contratación de mano de obra local de jóvenes de las comunidades locales. La disponibilidad de materia prima, en este caso el aguacate, es crucial para mantener el flujo de producción. Aunque la asociación será el proveedor principal al inicio, existe la posibilidad de adquirir materia prima de otras asociaciones o productores independientes para garantizar la continuidad de la producción. Por último, el espacio necesario para implementar el sistema dependerá de las capacidades e inversiones de cada asociación. El diseño busca ser lo suficientemente flexible para adaptarse a distintos contextos, facilitando su implementación según las condiciones particulares de cada caso.

### **Leyes, regulaciones y estándares (mejores prácticas)**

El diseño del sistema productivo para el procesamiento de aguacate en Colombia debe cumplir con diversas leyes, regulaciones y normas a nivel nacional e internacional que regulan aspectos ambientales, de seguridad alimentaria y de sostenibilidad.

**Resolución 1207 de 2014 y Decreto 1076 de 2015:** Estos decretos son cruciales para el manejo de los residuos generados durante el proceso, como las cáscaras y semillas de aguacate. Implementar prácticas de disposición adecuada o reutilización de subproductos orgánicos no solo minimiza el impacto ambiental, sino que asegura el cumplimiento de estos lineamientos. Puedes explorar opciones como el compostaje o la venta de subproductos, en línea con la economía circular.

**Resolución 2674 de 2013:** Regula las condiciones higiénicas para el contacto de materiales y superficies con alimentos. En el caso de tu proyecto, se deben implementar prácticas higiénicas en todas las etapas de manipulación, procesamiento y envasado del aceite y el guacamole. Las áreas de producción deben estar diseñadas para evitar la contaminación cruzada y cumplir con los estándares de limpieza.

**ISO 22000 (Sistema de Gestión de Seguridad Alimentaria):** Este estándar garantiza que todo el sistema productivo esté alineado con buenas prácticas de seguridad alimentaria a nivel global. Implementar ISO 22000 ayuda a asegurar la inocuidad del producto en todas las etapas, lo cual es fundamental para acceder a mercados internacionales. Incluir un sistema de trazabilidad es también una buena práctica dentro de este estándar.

**ISO 14001 (Sistema de Gestión Ambiental):** Establece directrices para la sostenibilidad. Con esta norma, se refuerza el compromiso de tu planta hacia prácticas sostenibles, como el uso racional del agua y la energía, la reducción de emisiones y el tratamiento adecuado de residuos.

**ISO 660 (Determinación de acidez en aceite):** Se aplica especialmente al aceite de aguacate para verificar su acidez y aptitud para el consumo. Este control es esencial para garantizar la calidad y estabilidad del aceite, ya que la acidez puede afectar sus propiedades y aceptación en el mercado.

**ASTM D6400 (Biodegradabilidad de Plásticos Compostables):** En el caso de que optes por envases compostables, cumplir con esta norma te permitirá asegurar que los empaques de los productos sean biodegradables, contribuyendo a una cadena de producción ambientalmente responsable.

#### *1.4. Determinación de características de ingeniería*

Después de fijar los requerimientos clave de los stakeholders, es fundamental traducir estas expectativas en características de ingeniería que guíen el diseño de la planta de procesamiento de aguacate. En esta sección se establecen las especificaciones o características de diseño en términos de indicadores técnicos de desempeño (TPMs), asegurando que el sistema y sus



como el presupuesto, la optimización de mano de obra, el cumplimiento de normativas, y la adaptación a un área limitada de implementación. En conjunto, estas prioridades técnicas responden adecuadamente a los requerimientos identificados, asegurando que el sistema desarrollado sea eficiente y conforme a los estándares de calidad esperados.

## *2. Exploración de ideas y selección de alternativa*

### *2.1 Exploración y selección*

Una vez que se han definido los requerimientos de los clientes y los de diseño para el proceso productivo del aceite de aguacate, surge la necesidad de encontrar alternativas que solucionen cada una de las necesidades identificadas. La matriz morfológica es una herramienta sistemática utilizada en el diseño de procesos que permite generar nuevas soluciones al descomponer el problema en sus elementos fundamentales y luego combinar diferentes opciones para crear soluciones completas. Esta técnica es ideal para explorar una amplia variedad de combinaciones posibles que satisfagan las expectativas del cliente y cumplan con los requisitos del proyecto de producción de aceite de aguacate.

A continuación, se presenta la matriz morfológica, en la cual se muestran las alternativas evaluadas para cada etapa del proceso, desde la recepción de la materia prima hasta el empaque del aceite final, permitiendo una visión estructurada y comparativa de las posibles soluciones para cada fase del proyecto.

Tabla XII. Matriz morfológica aceite de aguacate

	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4
<b>Recepción del aguacate</b>	1.1 Control de calidad visual manual	1.2 Inspección por peso y tamaño	1.3 Control de calidad sensorial	1.4 Clasificación automatizada por tamaño
<b>Deshuesado y pelado</b>	2.1 Deshuesado manual	2.2 Deshuesado mecánico	2.3 Peladora automática	
<b>Trituración</b>	3.1 Trituración con molino básico	3.2 Trituradora de baja velocidad	3.3 Triturador mecánico industrial	3.4 Molino con sistema de ventilación
<b>Batido</b>	4.1 Batido manual	4.2 Mezclado con paletas mecánicas	4.3 Batido con mezclador de baja velocidad	4.4 Batidora controlada por tiempo
<b>Prensado</b>	5.1 Prensa manual	5.2 Prensa hidráulica	5.3 Prensado en frío	5.4 Prensado en caliente
<b>Filtración</b>	6.1 Filtro de papel	6.2 Filtro de carbón activado	6.3 Filtro de tela	
<b>Almacenamiento</b>	7.1 Tanques de acero inoxidable	7.2 Tanques de plástico reforzados	7.3 Almacenamiento en atmósfera controlada	7.4 Tanques de acero con temperatura controlada
<b>Empaque</b>	8.1 Llenado semiautomático con dosificadores	8.2 Llenado automático con máquinas de precisión	8.3 Llenado al vacío para evitar oxidación	8.4 Llenado manual

Tabla XIII. Matriz morfológica guacamole

	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	Solución 5
<b>Recepción del aguacate</b>	1.1 Selección manual con inspección visual	1.2 Selección automática con sensores de calidad	1.3 Control de calidad por muestreo	1.4 Selección según tamaño y color con sistema de cámaras	
<b>Deshuesado y pelado</b>	2.1 Máquina automática de deshuesado y pelado	2.2 Deshuesado manual con cubiertos	2.3 Máquina de presión que extrae pulpa		
<b>Trituración</b>	3.1 Trituración con licuadora industrial	3.2 Trituración manual en mortero	3.3 Triturador mecánico industrial	3.4 Molino con sistema de ventilación	
<b>Mexcla de ingredientes</b>	4.1 Mezcladora de tambor	4.2 Mezcla manual para textura más gruesa	4.3 Mezcladora con control de velocidad variable	4.4 Inyección automática de ingredientes para mezcla uniforme	
<b>Control de calidad y ajuste del pH</b>	5.1 Medición de pH con tiras indicadoras	5.2 Medición automática de pH con sonda	5.3 Pruebas de sabor y ajuste manual de pH	5.4 Control de calidad visual y olfativo	5.5 Análisis de laboratorio externo para pH y color
<b>Filtración</b>	6.1 Pasteurización en baño maría	6.2 Pasteurización por microondas	6.3 Pasteurización a vapor		
<b>Empaque</b>	7.1 Envases al vacío	7.2 Tarros plásticos con dispensadores	7.3 Bolsas flexibles con cierre		

Con ayuda de las matrices morfológicas anteriores se puede continuar identificando y evaluando diversas configuraciones operativas que permitan optimizar el uso de la materia prima, reducir el desperdicio y maximizar el valor agregado de los productos derivados. Dado que el aguacate tipo 3 se considera de menor calidad y está próximo a deteriorarse, el enfoque se centra en transformar este recurso en productos de alto valor, como aceite de aguacate y guacamole, aprovechando las tendencias de mercado que demandan productos saludables y naturales.

En esta sección, se analizan cuatro escenarios posibles para la implementación de las plantas de procesamiento. Cada escenario propone una estructura de operación distinta: una planta centralizada que concentra todo el procesamiento, una red de micro plantas ubicadas directamente en las fincas productoras y un modelo con un centro de acopio que realiza un procesamiento

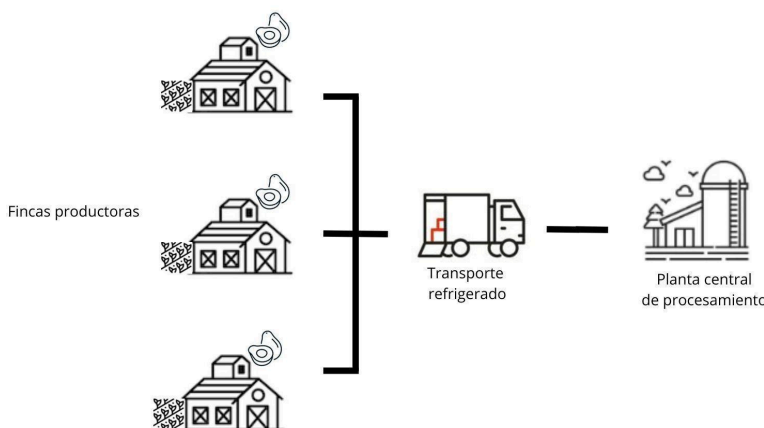
inicial antes de distribuir el producto semiprocesado a plantas mayores. La selección de estos escenarios responde a la necesidad de evaluar las implicaciones logísticas, económicas y sociales de cada opción, asegurando que el sistema final sea rentable, eficiente y sostenible.

Para cada alternativa, se consideran factores como la inversión en infraestructura, los costos operativos, la logística de transporte y el impacto en las comunidades locales, con el fin de determinar cuál de los modelos propuestos se adapta mejor a las condiciones del proyecto. Este análisis se basa en indicadores clave de desempeño (KPI's) que permiten medir la efectividad de cada opción en términos de reducción de desperdicio, rentabilidad y generación de empleo local. La selección de la alternativa óptima proporcionará una base sólida para el diseño definitivo del sistema productivo de derivados de aguacate en la región.

A continuación se describen cuatro posibles escenarios que exploran diferentes configuraciones de plantas de procesamiento en el Valle del Cauca y analizan sus implicaciones desde una perspectiva de logística, costo-beneficio, sostenibilidad y viabilidad técnica:

### **Escenario 1: Planta de Procesamiento Centralizada con Transporte de Materia Prima desde Fincas Productoras y Distribución a Clientes en Ciudades Principales**

Figura IV. Escenario I



En este escenario, se propone la construcción de una planta central de procesamiento ubicada estratégicamente en el Valle del Cauca, idealmente en un punto cercano a las principales vías de transporte que faciliten el acceso a ciudades como Cali, Palmira, Buga y Cartago, entre otras. La planta recibiría el aguacate tipo 3 desde fincas productoras en diferentes zonas del departamento, transportado en camiones refrigerados para minimizar el riesgo de deterioro durante el traslado. Esta planta centralizada realizaría el procesamiento completo de la materia prima, produciendo aceite de aguacate y guacamole. Desde este único centro de operaciones, el producto terminado se distribuiría a clientes finales, como supermercados, tiendas de conveniencia y otros compradores en las principales ciudades del departamento.

#### **Distribución a clientes finales:**

- **Supermercados y tiendas de conveniencia en ciudades principales:** La planta central distribuiría el aceite y el guacamole a cadenas de supermercados y tiendas de conveniencia en ciudades clave del Valle del Cauca, asegurando cobertura en áreas urbanas con alta demanda de productos saludables.
- **Grandes distribuidores y cadenas de restaurantes:** Además, se establecerán acuerdos con distribuidores y cadenas de restaurantes que requieran estos productos en grandes cantidades, atendiendo especialmente a negocios enfocados en comida saludable o gourmet en las ciudades principales del departamento.

### Ventajas técnicas y logísticas:

- **Economía de escala:** La centralización del procesamiento permite optimizar los costos operativos mediante la adquisición de maquinaria especializada de mayor capacidad, como prensas de extracción de aceite y líneas automáticas de envasado de guacamole. Esto no solo reduce el costo unitario por kilogramo de producto, sino que también permite manejar volúmenes de producción mayores, aprovechando al máximo la materia prima.
- **Estandarización de calidad:** Al concentrar la producción en un solo sitio, es posible aplicar controles de calidad uniformes y automatizados, asegurando que los productos cumplan con los estándares requeridos por grandes compradores, como supermercados y restaurantes de prestigio.
- **Optimización de rutas de distribución:** Con una planta centralizada, se pueden planificar rutas de distribución eficientes hacia los principales centros urbanos, optimizando tiempos de entrega y reduciendo costos de transporte por kilogramo de producto.

### Desventajas y desafíos:

- **Costos de transporte de materia prima:** El transporte del aguacate desde múltiples fincas hasta la planta central implica costos logísticos significativos, además del riesgo de deterioro de la materia prima, lo que puede impactar en la calidad del producto final.
- **Alta inversión inicial:** Este modelo requiere una inversión inicial considerable en infraestructura, maquinaria y sistemas de refrigeración y transporte.

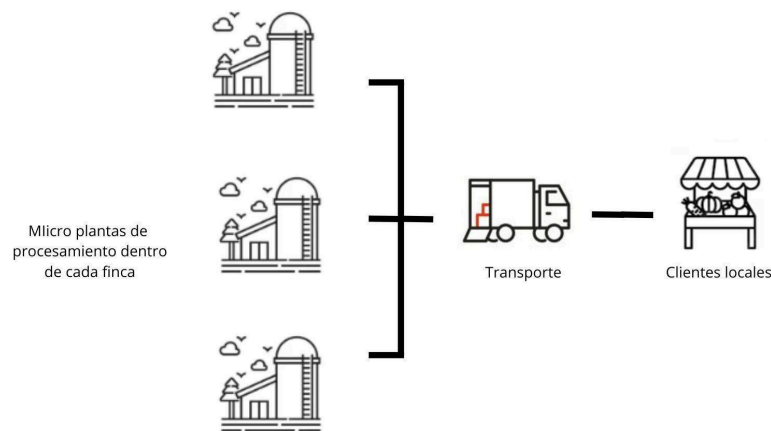
### KPI's aplicables:

- **Índice de desperdicio:** Este KPI permitirá medir el porcentaje de aguacate que se pierde durante el transporte y el procesamiento, para ajustar la logística y minimizar las mermas.
- **Costo de producción y distribución por unidad:** Se debe evaluar el costo total por kilogramo de aceite y guacamole producido y distribuido, para asegurar que la planta centralizada sea económicamente viable.
- **Margen de rentabilidad por canal de distribución:** Comparar la rentabilidad entre diferentes canales (supermercados, tiendas de conveniencia, restaurantes) para maximizar las ganancias y ajustar las estrategias de venta.

Estudios de plantas centralizadas en la industria agroalimentaria indican que este modelo es eficaz en regiones con buena infraestructura vial y alta densidad poblacional en ciudades cercanas, lo que permite reducir los costos logísticos de distribución hacia clientes finales en áreas urbanas .

## Escenario 2: Red de Microplantas de Procesamiento en Fincas Productoras con Distribución Directa a Clientes Locales y en Ciudades Principales

Figura V. Escenario II



En este escenario, se plantea la creación de micro plantas de procesamiento en las fincas productoras de aguacate en diferentes zonas del Valle del Cauca. Cada microplanta se encargaría de la producción inicial de aceite de aguacate y guacamole, eliminando la necesidad de transportar el aguacate tipo 3 a largas distancias, lo que reduce significativamente el riesgo de deterioro y los costos logísticos asociados al traslado de la materia prima.

Estas microplantas serían de tamaño reducido, con equipos básicos para la extracción de aceite y el procesamiento de guacamole en cantidades moderadas. Desde cada finca, el producto terminado sería distribuido a los mercados cercanos y, a través de redes logísticas locales, a las principales ciudades del departamento.

### Distribución a clientes finales:

- **Supermercados y tiendas de conveniencia en ciudades vecinas:** Cada microplanta serviría a los supermercados y tiendas de conveniencia en las ciudades cercanas a la finca, asegurando un suministro rápido y fresco.
- **Restaurantes locales y servicios de catering:** Se priorizaría la venta directa a restaurantes y servicios de catering en ciudades cercanas, lo que permitiría atender las necesidades de estos clientes de forma eficiente y con productos de alta frescura.

### Ventajas técnicas y logísticas:

- **Reducción de desperdicio y frescura del producto:** Al procesar el aguacate directamente en las fincas, se minimiza el riesgo de deterioro y se mantiene la frescura del producto. Esto es especialmente importante para el guacamole, que es altamente perecedero.
- **Impacto social y desarrollo rural:** Este modelo genera empleo en áreas rurales y fomenta el desarrollo económico local, dado que cada finca puede emplear a trabajadores de la región, impulsando así la economía local.
- **Flexibilidad operativa:** La distribución descentralizada permite una mayor flexibilidad para adaptarse a variaciones en la demanda de las ciudades principales y ajustar la producción en cada microplanta.

### Desventajas y desafíos:

- **Costo de inversión inicial en múltiples ubicaciones:** Instalar microplantas en varias fincas requiere una inversión inicial considerable en equipamiento y capacitación del personal, además de mayores costos operativos por la descentralización de los recursos.

- **Estandarización y control de calidad:** Mantener una calidad uniforme en los productos procesados en diferentes microplantas puede ser un reto, especialmente si se utilizan equipos y procedimientos distintos en cada finca.

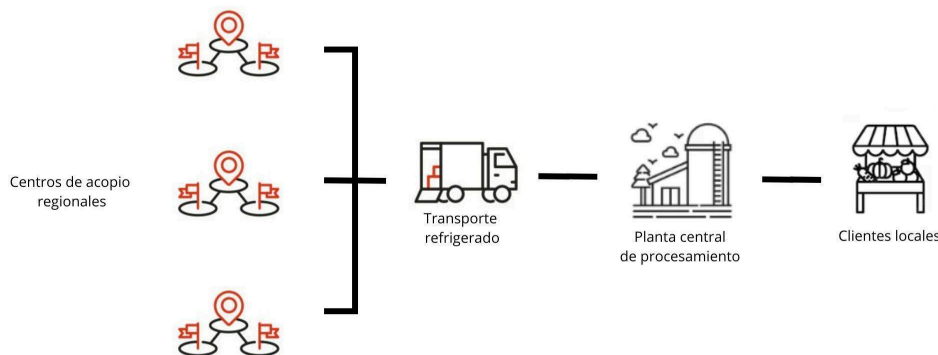
#### KPI's aplicables:

- **Índice de empleo local:** Este KPI permitirá medir el impacto en la generación de empleo en las comunidades donde se ubican las microplantas.
- **Costo operativo por kilogramo procesado:** Evaluar el costo de operación en cada microplanta para garantizar la viabilidad económica del sistema descentralizado.
- **Tiempo de entrega a clientes finales:** Monitorear los tiempos de entrega para asegurar que los productos lleguen a los supermercados, tiendas de conveniencia y restaurantes en condiciones óptimas.

Este modelo de microplantas ha sido implementado en otras industrias agrícolas con éxito, especialmente en productos perecederos, donde el procesamiento en origen reduce el desperdicio y asegura una mayor frescura del producto final.

#### Escenario 3: Centros de Acopio Regionales con Procesamiento Inicial y Planta Central para el Producto Terminado

Figura VI. Escenario III



Este escenario plantea la instalación de centros de acopio regionales ubicados estratégicamente cerca de varias fincas productoras de aguacate tipo 3 en el Valle del Cauca. Cada centro de acopio se encargaría de recibir la materia prima proveniente de 2-3 fincas y realizar un procesamiento inicial (como deshuesado, pelado y estabilización del aguacate), extendiendo la durabilidad del producto y reduciendo el riesgo de deterioro. Este producto en proceso se enviaría luego a una planta central de producción para su procesamiento final, donde se transformarían en productos terminados, específicamente aceite de aguacate y guacamole, listos para la distribución a los clientes finales.

#### Distribución a clientes finales:

- **Supermercados y tiendas de conveniencia en ciudades principales:** Una vez finalizado el procesamiento en la planta central, el aceite y el guacamole se distribuirán a cadenas de supermercados y tiendas de conveniencia en ciudades principales del Valle del Cauca, como Cali, Palmira y Buga, para maximizar el acceso a los consumidores locales.
- **Restaurantes y distribuidores de gran escala:** La planta central abastecería también a grandes compradores, como cadenas de restaurantes y distribuidores en las ciudades principales, aprovechando la durabilidad y frescura del producto procesado y estandarizado en un solo lugar.

### Ventajas técnicas y logísticas:

- **Reducción de desperdicio en la etapa inicial:** Los centros de acopio regionales permiten realizar un procesamiento básico del aguacate cercano a las fincas de origen, reduciendo la probabilidad de deterioro y asegurando que el producto llegue en mejores condiciones a la planta central.
- **Mayor durabilidad del producto semiprocésado:** El procesamiento inicial en los centros de acopio extiende la vida útil del aguacate, permitiendo que el producto en proceso sea transportado a la planta central sin comprometer la calidad del producto final.
- **Optimización del transporte y economía de escala en la planta central:** Al consolidar el procesamiento final en una única planta, se logra una economía de escala, optimizando costos de producción y permitiendo la estandarización del control de calidad.

### Desventajas y desafíos:

- **Costos logísticos adicionales para el transporte intermedio:** Este modelo implica dos fases de transporte: de las fincas a los centros de acopio y luego de los centros a la planta central, lo que puede aumentar los costos logísticos en comparación con un modelo de procesamiento completamente centralizado.
- **Inversión en infraestructura y maquinaria en los centros de acopio:** Aunque los centros de acopio requieren menor inversión que una planta completa, aún es necesario equiparlos para realizar el procesamiento inicial y garantizar que el producto cumpla con los estándares de calidad requeridos en la planta central.

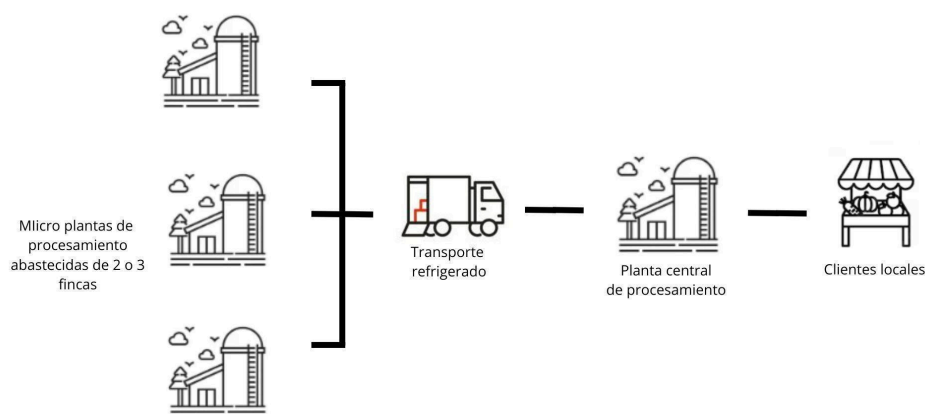
### KPI's aplicables:

- **Eficiencia de procesamiento en centros de acopio:** Medir el porcentaje de aguacate que se convierte en producto semiprocésado en cada centro de acopio y evaluar el tiempo de procesamiento, asegurando que el producto mantenga su durabilidad y calidad para la fase final.
- **Costo logístico total por kilogramo:** Evaluar el costo del transporte en cada fase, tanto del aguacate desde las fincas a los centros de acopio como del producto semiprocésado desde los centros a la planta central, optimizando rutas y tiempos de envío.
- **Índice de calidad y satisfacción del cliente:** Monitorear la calidad del producto final al llegar a supermercados, tiendas de conveniencia y restaurantes, asegurando que la estrategia de procesamiento distribuido cumpla con las expectativas de los clientes en términos de frescura y calidad.

Este modelo de centros de acopio con procesamiento inicial es frecuentemente implementado en industrias de alimentos frescos, donde el procesamiento regional previo ayuda a reducir mermas y mejorar la logística hacia plantas centrales. En el sector de frutas y verduras, la centralización del procesamiento final después de un procesamiento inicial ha mostrado ser eficaz para asegurar la calidad del producto terminado, mejorar su durabilidad y reducir los costos de almacenamiento.

## Escenario 4: Microplantas Regionales con un Centro de Distribución en Ciudades Principales.

Figura VII. Escenario IV



Este escenario combina las ventajas de la descentralización en la fase de procesamiento inicial con un centro de distribución centralizado. Se instalarán microplantas de procesamiento en distintas regiones productoras del Valle del Cauca, encargadas de la producción inicial de aceite de aguacate y guacamole. Luego, los productos terminados se enviarán a un centro de distribución central ubicado cerca de las principales ciudades del departamento (Cali, Palmira o Buga), desde donde se distribuirán a los clientes finales.

### Distribución a clientes finales:

- **Supermercados y tiendas de conveniencia en ciudades principales:** Los productos terminados se consolidarán en el centro de distribución y luego se despachan a supermercados y tiendas de conveniencia en las ciudades principales, asegurando un suministro constante y eficiente.
- **Restaurantes y distribuidores de gran escala:** Desde el centro de distribución, se enviaría el producto terminado a cadenas de restaurantes y otros grandes compradores que buscan un suministro estable y de calidad para sus operaciones.

### Ventajas técnicas y logísticas:

- **Reducción de desperdicio:** Al procesar el aguacate tipo 3 en microplantas regionales, se minimiza el riesgo de deterioro, ya que el procesamiento ocurre cerca del lugar de cultivo. Esto mejora la eficiencia de conversión de aguacate en producto final.
- **Flexibilidad y mitigación de riesgos operativos:** La descentralización inicial en microplantas permite una mayor adaptabilidad a la demanda y reduce el impacto de interrupciones en una única planta, dado que las microplantas operan de forma independiente.
- **Consolidación de inventario y distribución optimizada:** El centro de distribución permite consolidar los productos terminados y gestionar el inventario de manera centralizada, planificando rutas eficientes hacia los clientes en las principales ciudades.

### Desventajas y desafíos:

- **Costos logísticos adicionales:** Aunque se reduce el deterioro de la materia prima, la consolidación de productos en un centro de distribución implica un costo adicional en la logística entre las microplantas y el centro.

- **Inversión en múltiples ubicaciones:** Este modelo requiere una inversión inicial en varias microplantas, además de la infraestructura del centro de distribución, lo cual puede ser elevado.

#### KPI's aplicables:

- **Eficiencia de procesamiento regional:** Monitorear la cantidad de aguacate que se convierte en producto terminado en cada microplanta y evaluar la eficiencia operativa de cada una.
- **Costo logístico total entre microplantas y centro de distribución:** Evaluar el costo de transporte de producto terminado desde las microplantas al centro de distribución, optimizando las rutas y volúmenes de envío.
- **Índice de consolidación de inventario y distribución:** Medir la eficiencia en la consolidación y distribución desde el centro hacia clientes finales en las ciudades principales, asegurando una distribución oportuna y rentable.

Este modelo es utilizado en industrias donde los productos perecederos se benefician de un procesamiento cercano a las áreas de producción, permitiendo al mismo tiempo una distribución centralizada que optimiza la entrega en mercados de alto consumo.

### 3. Rutas y Alternativas para el Procesamiento de Aguacate

Para elegir la ruta y las alternativas adecuadas en el procesamiento de aguacate, es esencial considerar los factores específicos de tu producción, como el volumen, el nivel de automatización deseado y el mercado objetivo. Aquí te doy una recomendación basada en la eficiencia y calidad:

#### 1. Recepción y Selección de Materia Prima

- Ruta seleccionaron: Ruta 2 - Selección automática.
- Alternativa recomendada: Sistema de cámaras (Solución 1.4).

Justificación: La selección automática permite una mayor precisión y control de calidad, ideal para grandes producciones o exportaciones. El sistema de cámaras puede identificar características específicas, asegurando que solo la mejor materia prima entre al proceso.

#### 2. Deshuesado y Pelado

- Ruta seleccionada: Ruta 2 - Procesamiento automático.
- Alternativa recomendada: Máquina automática para deshuesado y pelado (Solución 2.1).

Justificación: Esta alternativa es eficiente para líneas de producción de gran capacidad, reduciendo el tiempo de deshuesado y pelado en comparación con los procesos manuales. Esto es ideal si se apunta a escalar la producción.

#### 3. Trituración

- Ruta seleccionada: Ruta 2 - Trituración automática.
- Alternativa recomendada: Molino con sistema de ventilación (Solución 3.4).

Justificación: Este método permite una trituración uniforme mientras mantiene la calidad del producto al evitar el sobrecalentamiento. Es una opción recomendada para mantener la frescura en producciones grandes y constantes.

#### 4. Mezcla de Ingredientes

- Ruta seleccionada: Ruta 2 - Mezcla automatizada.
- Alternativa recomendada: Inyección automática de ingredientes (Solución 4.4).

Justificación: Esta alternativa asegura una mezcla homogénea, manteniendo consistencia en cada lote, algo esencial en producciones a gran escala. La inyección automática mejora la precisión en la dosificación de ingredientes, garantizando una calidad uniforme.

#### 5. Control de Calidad y Ajuste de pH

- Ruta seleccionada: Ruta 2 - Control automatizado.
- Alternativa recomendada: Medición automática de pH con sonda (Solución 5.2).

Justificación: Para garantizar la calidad en producciones grandes, la medición automática de pH asegura precisión y rapidez en el control de este parámetro, esencial para la durabilidad del guacamole en el mercado.

#### 6. Pasteurización

- Ruta seleccionada: Ruta 2 - Métodos avanzados de pasteurización.
- Alternativa recomendada: Vapor (Solución 6.3).

Justificación: El vapor es eficiente en la eliminación de microorganismos y permite una pasteurización uniforme, adecuada para productos destinados a la exportación, donde se necesita una vida útil prolongada.

#### 7. Envasado y Sellado

- Ruta seleccionada: Ruta 2 - Envasado en vidrio.
- Alternativa recomendada: Vidrio con tapa al vacío (Solución 7.2).

Justificación: El envase de vidrio es ideal para productos premium y exportación, ya que conserva el producto de manera óptima y resulta atractivo para el consumidor. El vacío garantiza frescura y prolonga la vida útil del producto.

### Conclusión

Este conjunto de rutas y alternativas está orientado a maximizar la eficiencia operativa y mantener la calidad en un proceso de producción de guacamole a gran escala, ideal para exportaciones y el mercado premium. La selección de estos métodos asegura un equilibrio entre automatización, control de calidad y capacidad de respuesta ante demandas elevadas.

#### 4. Rutas y Alternativas para el Procesamiento de Aceite de Aguacate

##### 1. Recepción y Clasificación del Aguacate

- Ruta seleccionada: Clasificación automatizada
- Alternativa: Clasificación automática por tamaño (Solución 1.4)

Justificación: Utilizar un sistema de clasificación automática por tamaño asegura la homogeneidad en los lotes, facilitando la consistencia en la calidad del producto. Esto reduce la carga de trabajo manual y asegura un flujo constante de aguacates en las siguientes etapas.

##### 2. Deshuesado y Pelado

- Ruta seleccionada: Deshuesado mecánico
- Alternativa: Deshuesado mecánico automático (Solución 2.2)

Justificación: La alternativa de deshuesado mecánico automático incrementa la eficiencia del proceso al deshuesar y pelar con rapidez, reduciendo la intervención manual y el riesgo de contaminación, lo cual es vital para mantener la higiene en una producción industrial.

##### 3. Trituración

- Ruta seleccionada: Trituración automatizada
- Alternativa: Triturador mecánico industrial (Solución 3.3)

Justificación: Un triturador mecánico industrial permite una trituración uniforme y rápida, ideal para manejar grandes volúmenes de producción sin comprometer la calidad del producto, lo que asegura una consistencia adecuada para la siguiente etapa de batido.

##### 4. Batido

- Ruta seleccionada: Mezclado mecánico

- Alternativa: Mezclador industrial de baja velocidad (Solución 4.3)

Justificación: El mezclador industrial de baja velocidad garantiza un batido homogéneo sin generar calor excesivo, preservando la calidad del aceite. Esta alternativa es adecuada para producciones grandes y evita la pérdida de compuestos volátiles sensibles al calor.

## 5. Prensado

- Ruta seleccionada: Prensado en frío
- Alternativa: Prensa hidráulica (Solución 5.2)

Justificación: La prensa hidráulica permite controlar la presión aplicada, optimizando la extracción de aceite sin elevar la temperatura. Esto ayuda a mantener los nutrientes y características organolépticas del aceite, que son especialmente valorados en el prensado en frío para productos de alta calidad.

## 6. Filtración

- Ruta seleccionada: Filtración avanzada
- Alternativa: Filtro de carbón activado (Solución 6.2)

Justificación: El filtro de carbón activado elimina impurezas y mejora la apariencia del aceite, resultando en un producto más puro y claro. Este nivel de filtración es ideal para satisfacer las demandas de un mercado premium que valora la claridad y pureza del aceite.

## 7. Almacenamiento

- Ruta seleccionada: Almacenamiento en acero inoxidable
- Alternativa: Tanques de acero inoxidable (Solución 7.1)

Justificación: Los tanques de acero inoxidable previenen la oxidación y mantienen la frescura del aceite, siendo una opción duradera y segura para almacenar productos alimenticios. Este material es ideal en producciones industriales que buscan conservar la calidad del aceite a largo plazo.

## 8. Envasado

- Ruta seleccionada: Botellas de vidrio
- Alternativa: Botellas de vidrio oscuro (Solución 8.1)

Justificación: Las botellas de vidrio oscuro protegen el aceite de la luz, ayudando a preservar sus propiedades y frescura por más tiempo. Esta alternativa es ideal para productos de alta calidad destinados a mercados donde la presentación y la conservación del producto son prioritarios.

Después de una cuidadosa evaluación de los escenarios planteados para el diseño del sistema productivo de derivados de aguacate clasificado como desperdicio, se ha determinado que el Escenario 3 representa la opción óptima para el proyecto. Este escenario, que combina centros de acopio regionales con procesamiento inicial y una planta central para el procesamiento final, permite una solución balanceada que maximiza la durabilidad del producto semiprocesado y minimiza las pérdidas en la etapa de transporte.

La implementación de centros de acopio regionales facilita el procesamiento inicial cerca de las fincas productoras, extendiendo la vida útil del aguacate mediante deshuesado, pelado y estabilización. Este producto semiprocesado se transporta luego a una planta centralizada donde se completa el procesamiento y se transforma en productos terminados listos para la venta. Esta configuración permite aprovechar las economías de escala de la planta central y mantener un control de calidad consistente,

mientras que el procesamiento inicial en los centros de acopio ayuda a reducir el desperdicio y asegurar un flujo constante de materia prima.

El Escenario 3 no solo cumple con los requerimientos de reducción de desperdicio y optimización de la calidad del producto, sino que también fomenta la sostenibilidad mediante una logística optimizada y un impacto positivo en las comunidades locales a través de la generación de empleo en los centros de acopio. Así, este modelo se alinea de manera efectiva con los objetivos de sostenibilidad, eficiencia y desarrollo económico planteados en el proyecto, constituyéndose como la opción más viable y beneficiosa para el sistema productivo de derivados de aguacate.

### *5. Especificación del diseño preliminar*

Esta sección presenta las especificaciones preliminares del sistema de producción de derivados de aguacate tipo 3 producido en el Valle del Cauca, enfocado en la elaboración de aceite de aguacate y guacamole para satisfacer la demanda de productos saludables en el mercado. El diseño preliminar establece una estructura clara que abarca funcionalidad, rendimiento, seguridad, sostenibilidad y estética, asegurando que el sistema cumpla con los objetivos del proyecto en términos de eficiencia, calidad del producto final y responsabilidad ambiental.

El proyecto contempla un sistema de procesamiento distribuido, en el cual centros de acopio regionales recolectan y procesan inicialmente la materia prima proveniente de varias fincas, estabilizando el aguacate para extender su durabilidad. Luego, el producto semiprocesado se transporta a una planta central, donde se completa el procesamiento para obtener productos terminados listos para su distribución y venta. A continuación, se detallan las especificaciones preliminares en cada uno de los aspectos críticos del diseño:

#### *5.1. Funcionalidad*

El sistema está diseñado para transformar el aguacate tipo 3 en productos finales (aceite de aguacate y guacamole) con características de alta calidad y durabilidad. Para lograrlo, se establecen las siguientes funcionalidades:

- **Recolección y procesamiento inicial en centros de acopio:** Cada centro de acopio recibirá aguacate de 2-3 fincas, donde se realizará un procesamiento básico (como deshuesado y pelado) que prolongue la vida útil del aguacate.
- **Procesamiento final en planta central:** La planta central será la encargada de transformar el producto semiprocesado en aceite y guacamole listos para la venta, cumpliendo con los estándares de calidad exigidos en el mercado.
- **Distribución eficiente:** El producto terminado será distribuido a supermercados, tiendas de conveniencia y restaurantes en las principales ciudades del departamento, asegurando cobertura y disponibilidad en los puntos de venta.

#### *5.2. Rendimiento*

La especificación de rendimiento establece metas claras para optimizar la eficiencia y reducir el desperdicio en cada etapa del sistema. Los indicadores clave de rendimiento (KPI's) incluyen:

- **Tasa de conversión de materia prima a producto terminado:** Se espera que cada etapa, desde el procesamiento inicial en los centros de acopio hasta la transformación en la planta central, alcance una tasa de conversión óptima que minimice el desperdicio.
- **Capacidad de procesamiento:** La planta central tendrá una capacidad de procesamiento suficiente para absorber la producción de los centros de acopio, garantizando un flujo continuo y evitando cuellos de botella en la cadena de suministro.
- **Tiempo de ciclo de procesamiento:** Cada etapa del procesamiento, tanto en los centros de acopio como en la planta central, debe completar sus ciclos en un tiempo que garantice la frescura y calidad del producto final.

### 5.3. Seguridad

La seguridad de los trabajadores, del proceso y del producto final es una prioridad en el diseño preliminar. Las especificaciones de seguridad incluyen:

- **Procedimientos de higiene y sanidad:** Cada centro de acopio y la planta central implementarán protocolos de higiene y manipulación segura, asegurando que los productos cumplan con las normas de inocuidad alimentaria.
- **Capacitación en manejo de maquinaria:** El personal en los centros de acopio y la planta central recibirá capacitación en el uso seguro y eficiente de la maquinaria, minimizando el riesgo de accidentes laborales.
- **Control de calidad y trazabilidad:** Se establecerá un sistema de trazabilidad que permita rastrear cada lote desde la finca de origen hasta el producto terminado, garantizando la seguridad y calidad del guacamole y el aceite de aguacate.

### 5.4. Sostenibilidad

El diseño del sistema productivo considera la sostenibilidad como un eje fundamental, aplicando estrategias para reducir el impacto ambiental y aprovechar al máximo los recursos disponibles.

- **Reducción del desperdicio de materia prima:** La recolección y el procesamiento inicial en los centros de acopio disminuyen las pérdidas durante el transporte y prolongan la vida útil del aguacate de tercera categoría, evitando su desperdicio.
- **Uso eficiente de recursos y energía:** La maquinaria en los centros de acopio y la planta central será seleccionada por su eficiencia energética y bajo consumo, alineándose con prácticas de producción sostenible.
- **Aprovechamiento de subproductos:** Los residuos del procesamiento, como las cáscaras y las semillas de aguacate, se gestionan de manera que puedan ser reutilizados o transformados en otros productos, promoviendo un sistema de economía circular.

### 5.5. Estética

La estética se considera en la presentación del producto final y en la imagen proyectada al cliente, alineándose con las preferencias del mercado objetivo:

- **Diseño de empaque:** El empaque del guacamole y del aceite de aguacate estará diseñado para reflejar la frescura y calidad del producto, utilizando materiales reciclables y etiquetado atractivo para los consumidores.
- **Presentación de producto para mercados de salud y bienestar:** Se priorizará un diseño de presentación que resalte los beneficios saludables del aguacate, con información clara y atractiva que comunique sus propiedades y atributos naturales.

## 6. Diseño Conceptual y Etapas de Especificación Detallada

Este diseño preliminar sirve como el marco conceptual del sistema, guiando la implementación y evaluación del proyecto en cada fase de desarrollo. La primera fase del diseño consiste en el diseño conceptual, que abarca el sistema en su conjunto y sus metas de funcionamiento. En la segunda fase, cada subsistema (centros de acopio y planta central) se desglosará en especificaciones detalladas, definiendo todos los componentes y procesos en función de los objetivos de eficiencia, seguridad y sostenibilidad del proyecto. Esta especificación completa y detallada servirá como referencia durante el desarrollo y la ejecución del proyecto, asegurando que todos los elementos del sistema se integren de manera coherente y estén alineados con los requerimientos de calidad y desempeño.

Con esta especificación del diseño preliminar, se establecen lineamientos claros que permiten evaluar y validar cada componente del sistema, facilitando la identificación de mejoras y el cumplimiento de los KPI's definidos. El diseño preliminar, en conjunto con las especificaciones detalladas, se completará en el siguiente ciclo de Proyecto de Diseño, permitiendo una implementación que satisfaga tanto los requerimientos técnicos como las expectativas del cliente

## 7. Plan de trabajo (PdT)

En el plan de trabajo se define las actividades ligadas al proyecto, las cuales deberán ser desarrolladas en la segunda etapa de este, en el curso denominado proyecto de diseño II. El plan de trabajo que se evidencia en la Tabla XIII contiene el despliegue de actividades, el área IISE en la que se ubica, los entregables. Adicionalmente, en él se encuentra el diagrama de Gantt correspondiente a las actividades.

Tabla XIV. Plan de trabajo

<b>Objetivo específico</b>	<b>Actividades</b>	<b>Herramienta de ingeniería industrial</b>	<b>Área IISE</b>
<b>Objetivo específico 1</b>	Definir el árbol de objetivos	Arbol de objetivos	Product Design & Development
	Definir requerimientos del cliente	Restricciones, especificaciones y normas	Product Design & Development
	Definir especificaciones de diseño	QFD	Product Design & Development
	Despliegue de funciones del sistema propuesto	Análisis funcional	System Design & Engineering
	Definición de la lista de materiales por producto	Exploración de materiales	Engineering Economic Analysis
	Definir procesos productivos y flujo de trabajo	Diagrama de flujo	Operations Engineering & Management
<b>Objetivo específico 2</b>	Exploración de alternativas de máquinas y elementos necesarios para la implementación del sistema	Especificaciones y costos de máquinas y elementos	Product Design & Development
	Selección de alternativa para máquinas y elementos del sistema	Matriz por puntuación por criterio	Product Design & Development
	Estudio de tiempos y movimientos según las máquinas, elementos y actividades a implementar	Análisis hombre-máquina, análisis de movimientos, cuellos de botella y análisis de tiempos	Work Design & Measurement
	Diseño de la distribución de planta y aspectos relacionados con la SST	Análisis de demanda, análisis de mercado, análisis de capacidades, de la planta, diseñada y normativas de SST a implementación	Facilities Engineering & Energy Management / Safety
	Modelación y monitoreo del proceso	Modelo de colas analítico o modelación	Operations Research & Analysis
<b>Objetivo específico 3</b>	Análisis financiero	Análisis de flujo de caja y EVA a partir de la simulación, junto con el uso de indicadores financieros como EBITDA, WACC, VPN, TIR, costo de producción y márgenes.	Engineering Economic Analysis

Tabla XV. Cronograma de trabajo

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES														
PROYECTO: Diseño de sistema productivo de derivados de aguacate para reducir el desperdicio de las asociaciones productoras en el departamento del Valle del Cauca, Cauca y Nariño.														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ETAPA				MES / AÑO				SEMANAS						
				SEPTIEMBRE 2024	OCTUBRE 2024	NOVIEMBRE 2024	DICIEMBRE 2024	ENERO 2025	FEBRERO 2025	MARZO 2025	ABRIL 2025	MAYO 2025	JUNIO 2025	
				1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	
Definición del Diseño Preliminar	Definir el árbol de objetivos	Analizar los objetivos generales del proyecto												
		Crear el diagrama de árbol de objetivos												
	Definir requerimientos del cliente	Entrevista para Analizar restricciones y especificaciones exigidas por los clientes												
		Enlistar los requerimientos del cliente												
	Definir especificaciones de diseño	Identificar y definir los estándares y normas aplicables												
		Realizar un análisis de calidad funcional (QFD) para el diseño												
		Establecer las especificaciones técnicas y operativas del sistema												
	Realizar análisis funcional	Identificar las funciones principales del sistema de producción para cada producto												
		Documentar el despliegue de funciones para el sistema propuesto												
	Definir la lista de materiales por producto	Listar materiales necesarios para el Aceite y guacamole												
		Establecer el inventario de materiales para cada producto												
	<b>REALIZAR CORRECCIONES DE RETROALIMENTACIÓN</b>													
	Definir procesos productivos y flujo de trabajo	Determinar capacidades												
		Crear diagramas de flujo para cada proceso productivo												
Documentar los tiempos y movimientos estimados para cada proceso														
Desarrollo del Sistema Propuesto	Exploración de alternativas de máquinas y elementos	Investigar alternativas de máquinas para el sistema de producción												
		Comparar elementos adicionales necesarios para la implementación												
	Selección de alternativas para máquinas y elementos	Elaborar matriz morfológica para alternativas de maquinarias												
		Elegir una alternativa por criterios de selección												
	Estudio de tiempos y movimientos	Analizar las actividades de producción y su duración												
		Realizar un análisis hombre-máquina para tiempos de operación												
	Diseño de la distribución de planta y aspectos	Realizar un análisis de demanda y capacidades de producción												



requerimientos y especificaciones técnicas y funcionales. En segundo lugar, se determina el volumen de producción y la cantidad de materias primas necesarias, considerando variables como la demanda del mercado, la variabilidad de la producción y la capacidad instalada. A partir de estos factores, es posible estimar el volumen de materiales requeridos para satisfacer la demanda. En tercer lugar, se define la estrategia corporativa, alineando la producción con los objetivos organizacionales, los cuales contemplan la sostenibilidad ambiental y el impacto social positivo. En cuarto lugar, se examinan los factores clave que influyen en la competitividad del producto dentro del mercado, tales como los costos de producción, la calidad y la diferenciación frente a productos no biodegradables. Finalmente, se integran los elementos mencionados para desarrollar el diseño definitivo de las operaciones, estableciendo así las decisiones de producción relacionadas con los volúmenes de materias primas, el nivel de producción, la lista final de materiales y la selección de proveedores, considerando sus características, costos y los procesos asociados.

## 1.2 Caracterización de los productos:

### 1.2.1 Aceite de aguacate:

El aceite de aguacate es un producto natural extraído de la pulpa del aguacate Hass, es reconocido en el mercado por su alto valor nutricional, en la industria alimentaria es común el uso de aceite de aguacate para cocina Gourmet y saludable por su alto punto de humeo ideal para freír, aumar y aderezar ensaladas. Existen diversos métodos para la obtención del aceite de aguacate, sin embargo, el proceso de extracción que se determinó en la fase preliminar fue el de prensado en frío, inicialmente porque asegura la extracción de un aceite de aguacate de alta calidad, preservando sus nutrientes y características naturales y para el sistema que se está planteando es lo más práctico en temas de maquinaria y operación.

- **Nombre técnico:** Aceite comestible extraído de la pulpa de aguacate.
- **Método de extracción:** Prensado mecánico en frío (< 50 °C).
- **Propiedades físico-químicas:** Rico en ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico), vitamina E, fitoesteroles.
- **Color y aroma:** Verde pálido, aroma fresco y suave a aguacate.
- **Vida útil:** 12 a 18 meses (almacenado en envase y ambiente seco).
- **Normativa aplicable:** Codex STAN 210, INVIMA, resolución ICA 150/2003 (calidad del fruto).

### 1.2.2 Guacamole:

El guacamole es un producto alimenticio elaborado a partir de la pulpa de aguacate, con una gran aceptación en mercados internacionales por su versatilidad culinaria y valor nutricional. En la industria alimentaria el guacamole es un producto establecido que se encuentra disponible para el consumo directo ya que es un producto listo para comercializar en supermercados y exportaciones, también puede ser visto como un ingrediente industrial utilizado en salsas, rellenos o preparaciones gastronómicas y en restaurantes de todo tipo con alta demanda en cadenas de comida Mexicana.

- **Nombre técnico:** Pasta de aguacate formulada y estabilizada.
- **Ingredientes base:** Pulpa de aguacate, ácido ascórbico, ácido cítrico, benzoato de sodio, goma xantana y sal.
- **Presentación prevista:** Pasta homogénea, de color verde claro a verde medio, envasada al vacío o en atmósfera modificada.
- **Vida útil esperada:** Entre 30 y 60 días refrigerado (0–4 °C), dependiendo de la formulación y condiciones de envasado.
- **Normativa aplicable:** INVIMA (Res. 2674/2013), Codex Alimentarius, FDA (si se planea exportar).
- **Aplicaciones:** Canal Horeca, retail gourmet, institucional, exportación a EE. UU, Canadá y Europa.

La gestión eficiente del inventario de productos constituye un pilar fundamental para asegurar la sostenibilidad y el éxito del sistema productivo. Para ello, cada producto debe contar con una identificación única, la cual puede implementarse mediante una lista de unidades de mantenimiento de stock (SKU, por sus siglas en inglés). Este mecanismo facilita la organización, el seguimiento y la trazabilidad de los productos de manera precisa y sistemática. El uso de listas y clasificaciones basadas en SKU es una práctica ampliamente adoptada en la gestión de la producción y la administración de operaciones, con un enfoque estratégico en el control de inventarios, la planificación de la demanda y la optimización de los procesos productivos. Para mantener un sistema organizado, cada SKU se estructura de la siguiente manera: Categoría - Variante - Presentación - Empaque; en consecuencia cada parte del SKU varía en razón de los elementos anteriormente mencionados. ( Ver Figura VII. Denominación de SKU).

Figura VIII. Denominación de SKU

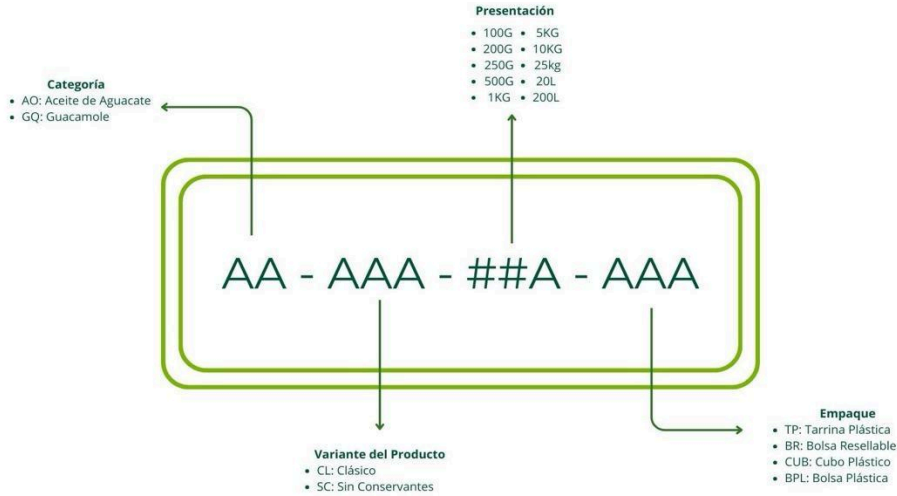


Tabla XVI. SKU aceite de aguacate y guacamole

Producto	Presentación	Empaque	SKU
Aceite Clásico	250 ml	Vidrio	AO-CL-250ML-V
Aceite Clásico	500 ml	PET	AO-CL-500ML-PET
Aceite Clásico	1 L	PET	AO-CL-1L-PET
Aceite Clásico	5 L	Garrafa Plástica	AO-CL-5L-GPL
Aceite Granel	20 L	Contenedor Plástico	AO-CL-20L-CPL
Aceite Granel	200 L	Tambor de Acero	AO-CL-200L-TAC
Guacamole Clásico	250 g	Tarrina Plástica	GQ-CL-250G-TP
Guacamole Clásico	500 g	Tarrina Plástica	GQ-CL-500G-TP
Guacamole Clásico	1 kg	Tarrina Plástica	GQ-CL-1KG-TP
Guacamole Granel	5 kg	Cubo Plástico	GQ-CL-5KG-CUB
Guacamole Granel	10 kg	Cubo Plástico	GQ-CL-10KG-CUB
Guacamole Granel	25 kg	Bolsa Plástica	GQ-CL-25KG-BPL

Para un diseño de procesos eficiente, no solo resulta fundamental la codificación de los distintos elementos, productos o materiales requeridos en la producción, sino también el conocimiento detallado de la estructura de fabricación de cada artículo. Esta estructura refleja los componentes que lo conforman, así como la cantidad específica de cada uno necesaria para su fabricación. Dicha estructura se denomina lista de materiales o *Bill of Materials* (BOM). De acuerdo con el portafolio de productos, se recomienda elaborar una lista de materiales para cada uno de los productos y sus respectivas variaciones en términos de cantidad, empaque y otros atributos.

Figura IX. Ficha técnica aceite clásico 250 ml

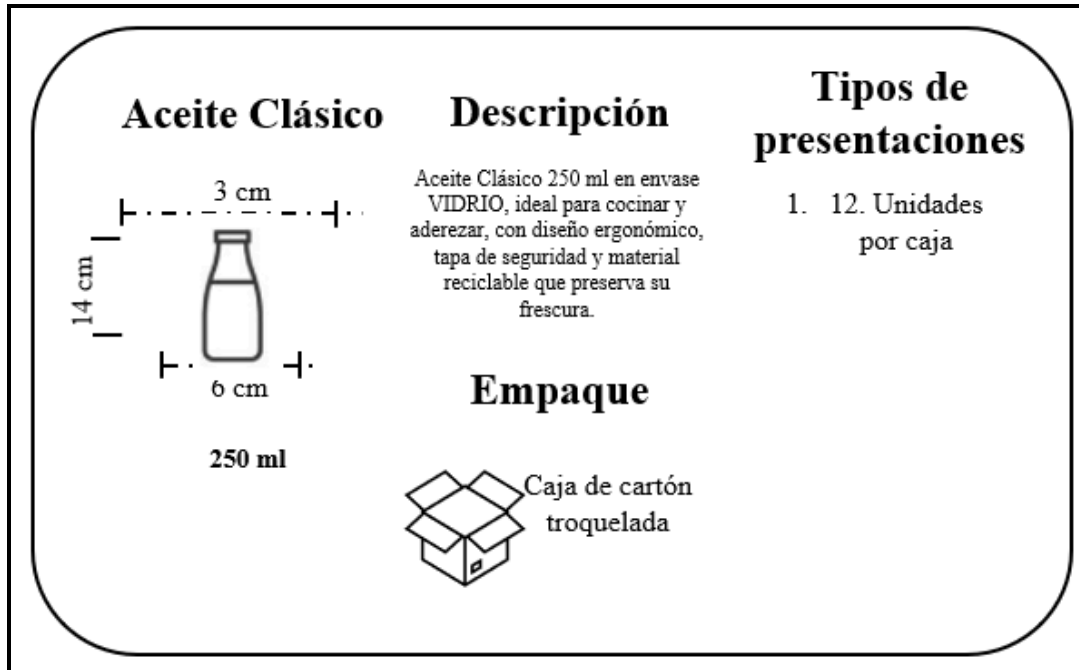


Figura X. Ficha técnica aceite clásico 500 ml

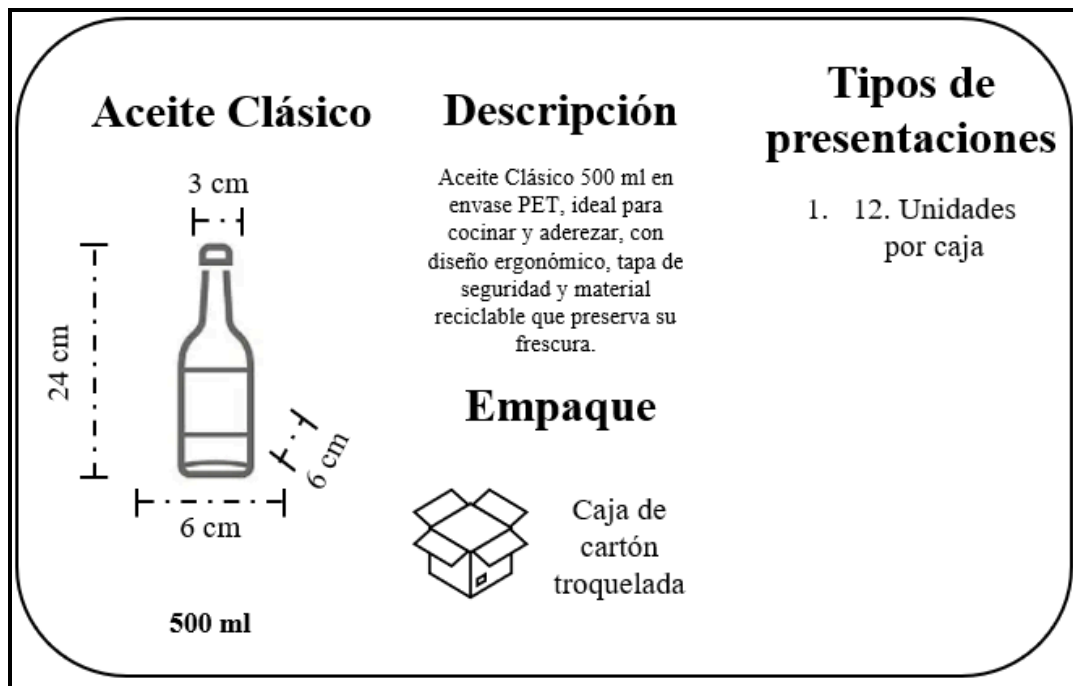


Figura XI. Ficha técnica aceite clásico 1 l

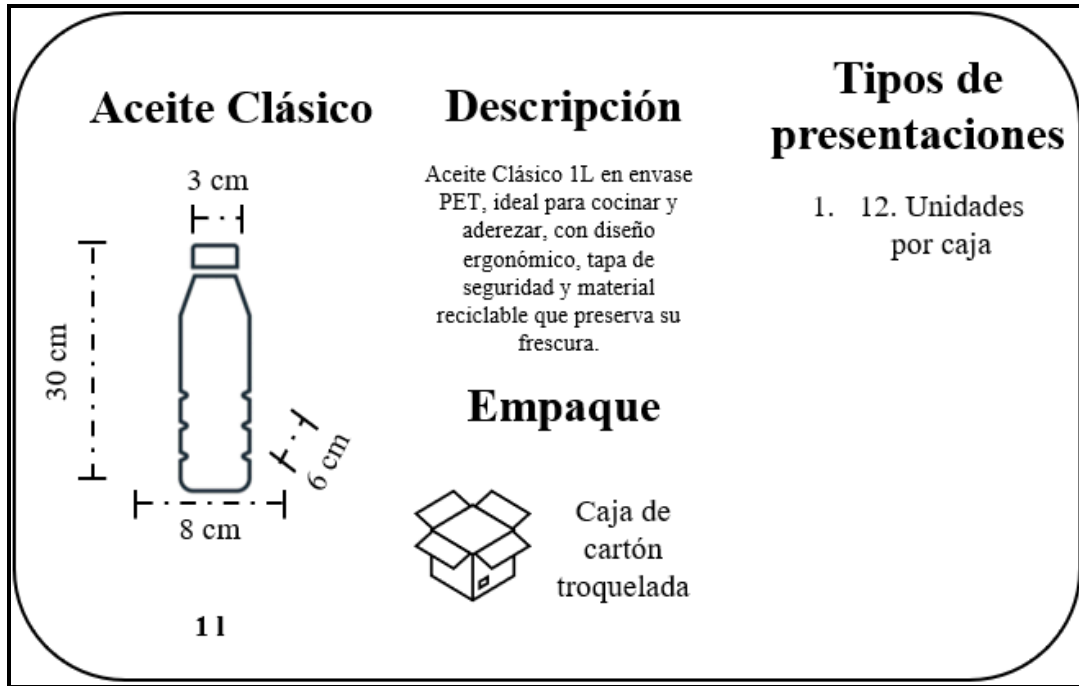


Figura XII. Ficha técnica aceite clásico 5 l

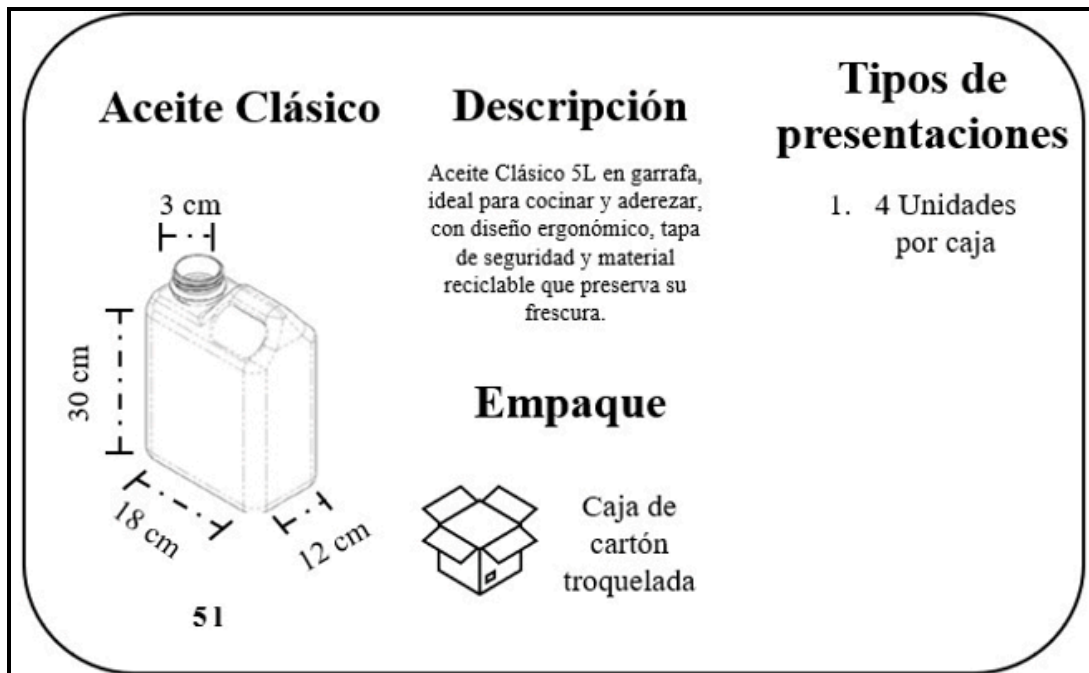


Figura XIII. Bom aceite clásico 250 ml

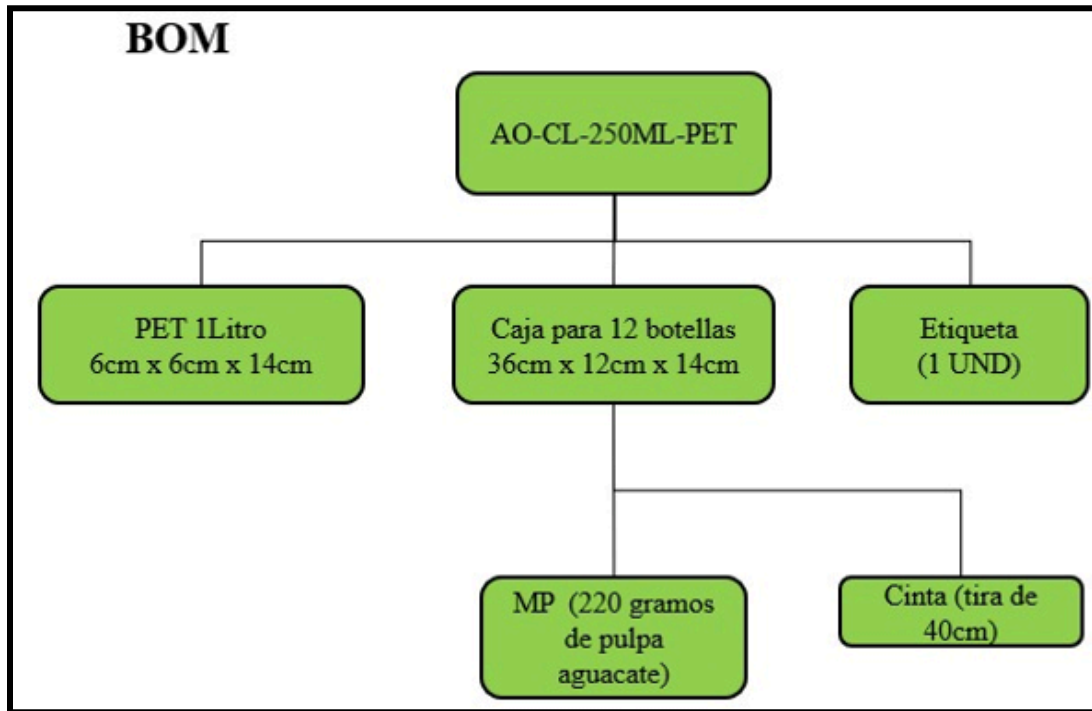


Figura XIV. Bom aceite clásico 500 ml

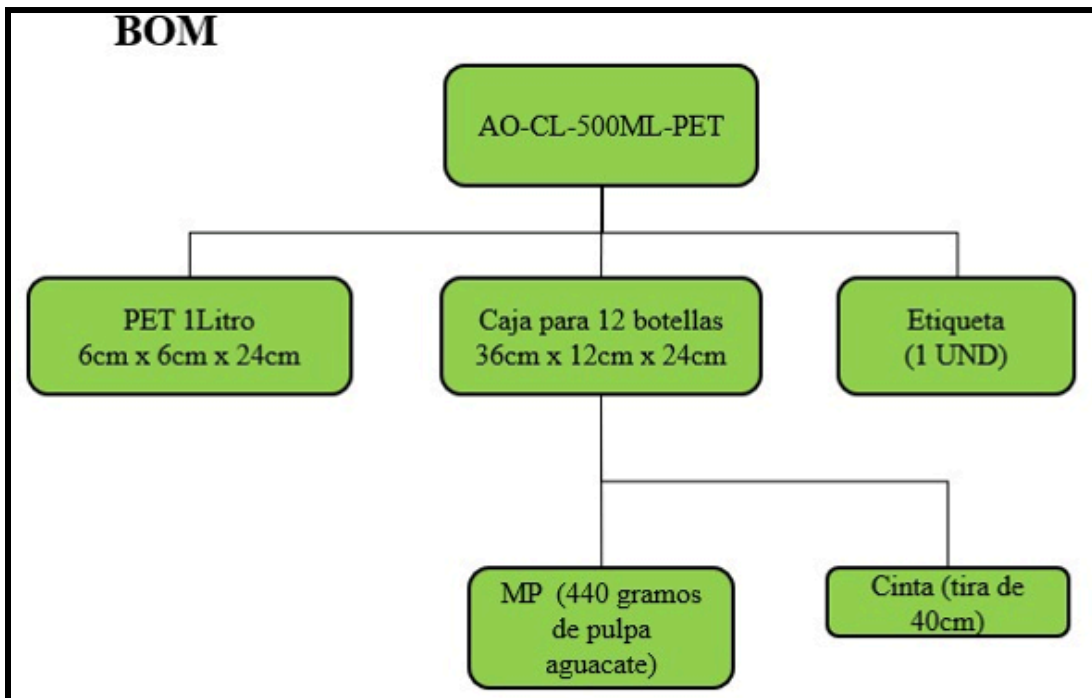


Figura XV. Bom aceite clásico 1 l

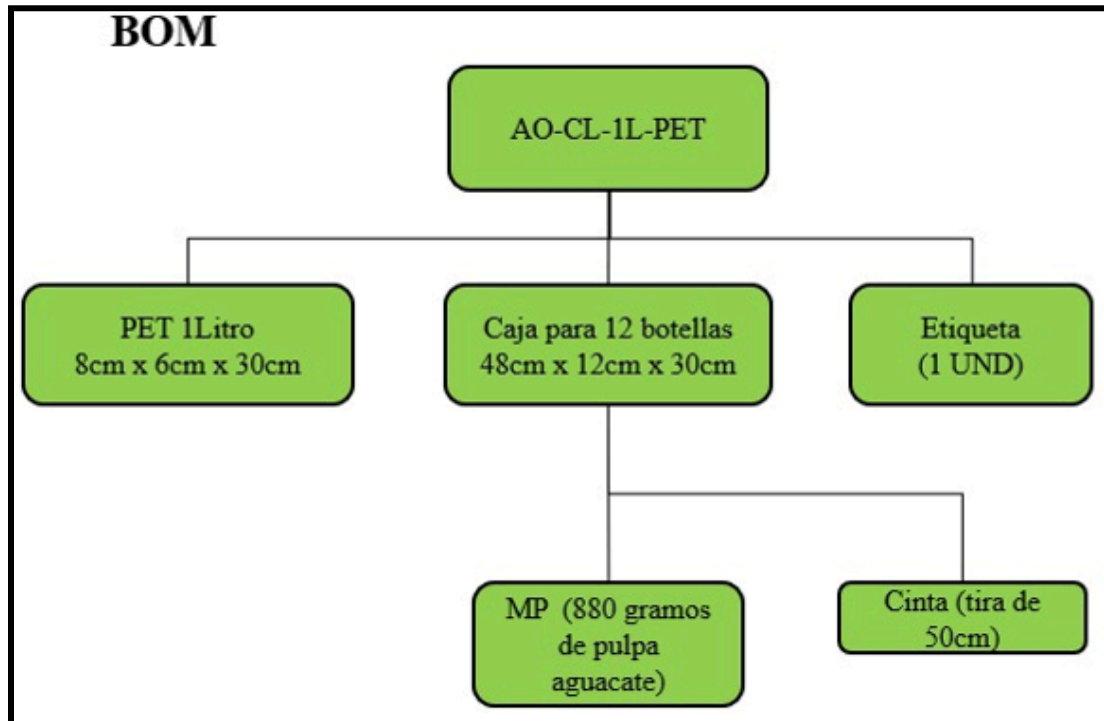
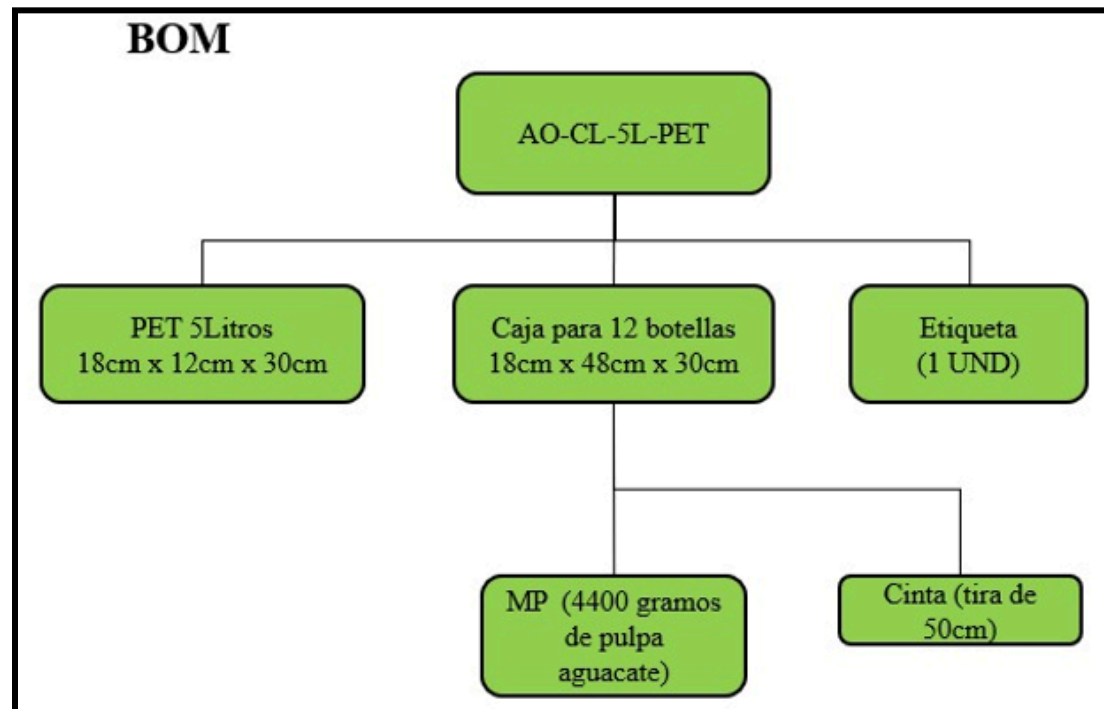


Figura XVI. Bom aceite clásico 5 l



Fichas técnicas guacamole

Figura XVII. Ficha técnica guacamole clásico 250 gr

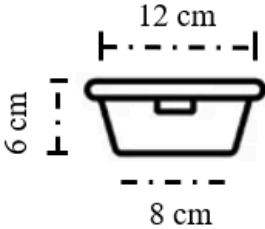

Guacamole clásico	Descripción	Tipos de presentaciones
 <p>12 cm</p> <p>6 cm</p> <p>8 cm</p> <p>250 gr</p>	<p>Guacamole Clásico en presentación de 250 gr, envasado en una tarrina plástica hermética que preserva su frescura y calidad.</p>	<p>1. 128 Unidades por caja</p>
<b>Empaque</b>		
 Caja de cartón troquelada		

Figura XVIII. Ficha técnica guacamole clásico 500 gr

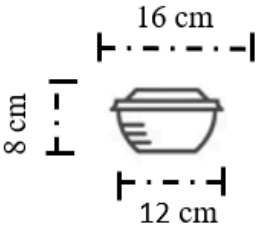

Guacamole clásico	Descripción	Tipos de presentaciones
 <p>16 cm</p> <p>8 cm</p> <p>12 cm</p> <p>500 gr</p>	<p>Guacamole Clásico en presentación de 500 g, envasado en una tarrina plástica hermética que preserva su frescura y calidad.</p>	<p>1. 54 Unidades por caja</p>
<b>Empaque</b>		
 Caja de cartón troquelada		

Figura XIX. Ficha técnica guacamole clásico 1 kg

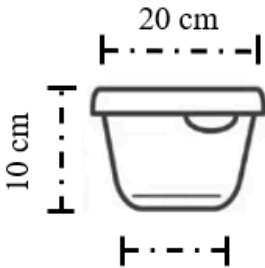

Guacamole clásico	Descripción	Tipos de presentaciones
 <p>20 cm</p> <p>10 cm</p> <p>16 cm</p> <p>1 kg</p>	<p>Guacamole Clásico en presentación de 1 kg, envasado en una tarrina plástica hermética que preserva su frescura y calidad.</p>	<p>1. 16 Unidades por caja</p>
<b>Empaque</b>		
 Caja de cartón troquelada		

Figura XX. Ficha técnica guacamole granel 10 kg

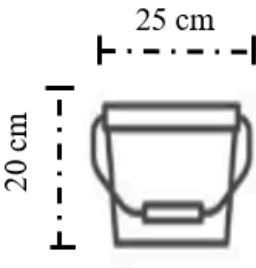

Guacamole granel	Descripción	Tipos de presentaciones
 <p>25 cm</p> <p>20 cm</p> <p>22 cm</p> <p>10 kg</p>	<p>Guacamole Granel en presentación de 10 kg, envasado en un cubo plástico que preserva su frescura y calidad.</p>	<p>1. 8 Unidades por caja</p>
<b>Empaque</b>		
 Caja de cartón troquelada		

Figura XXI. Ficha técnica guacamole granel 25 kg

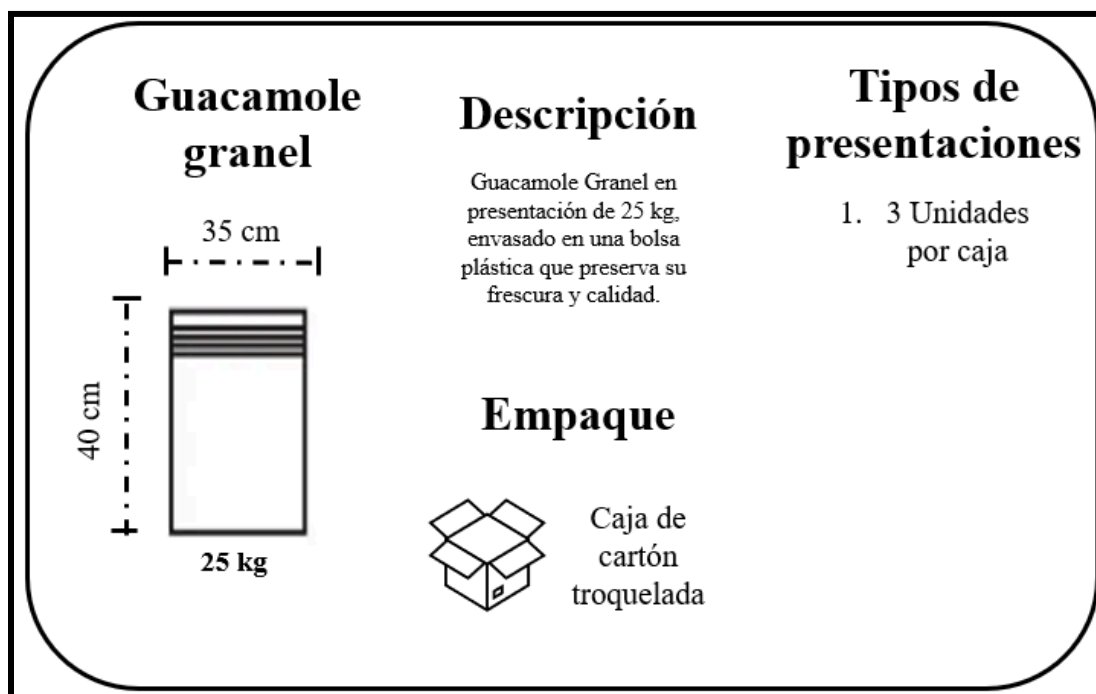


Figura XXII. Bom guacamole clásico 250 gr

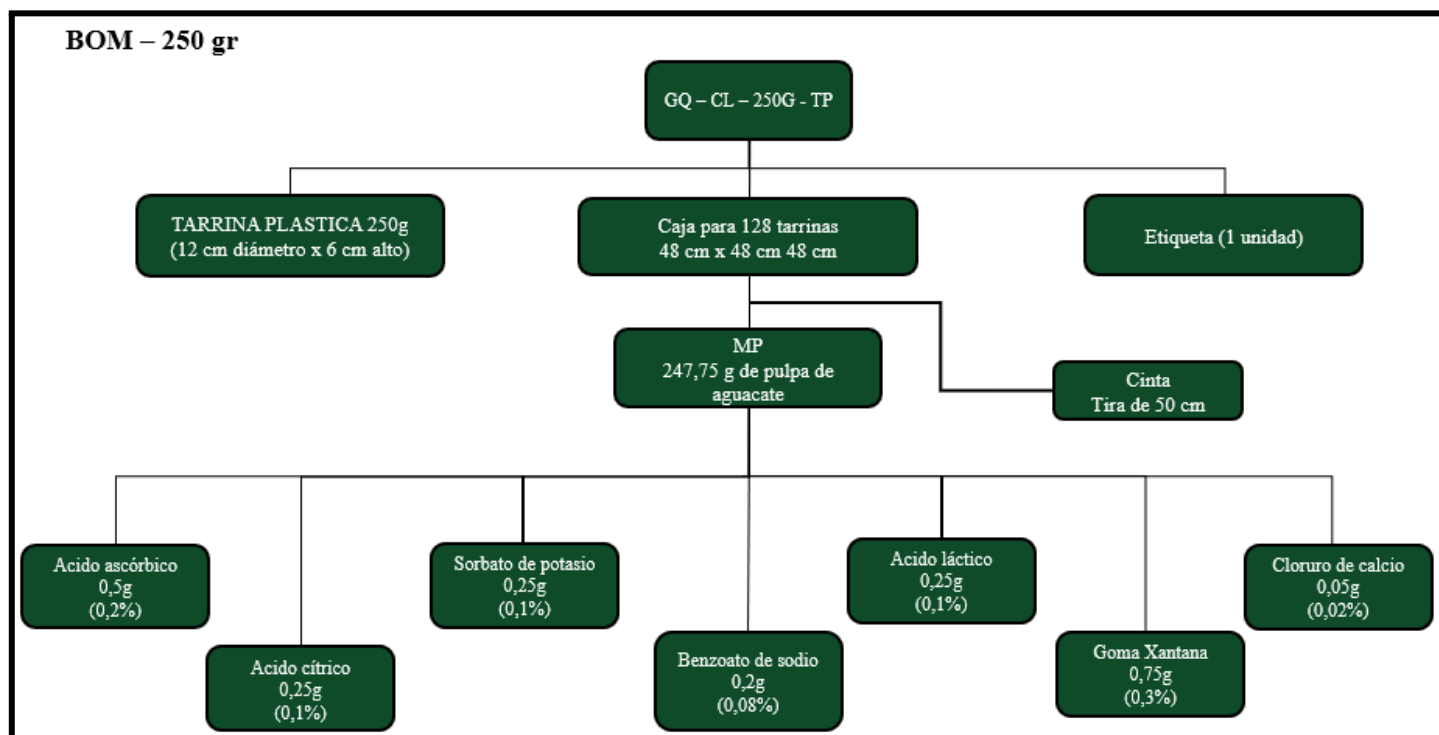


Figura XXIII. Bom guacamole clásico 500 gr

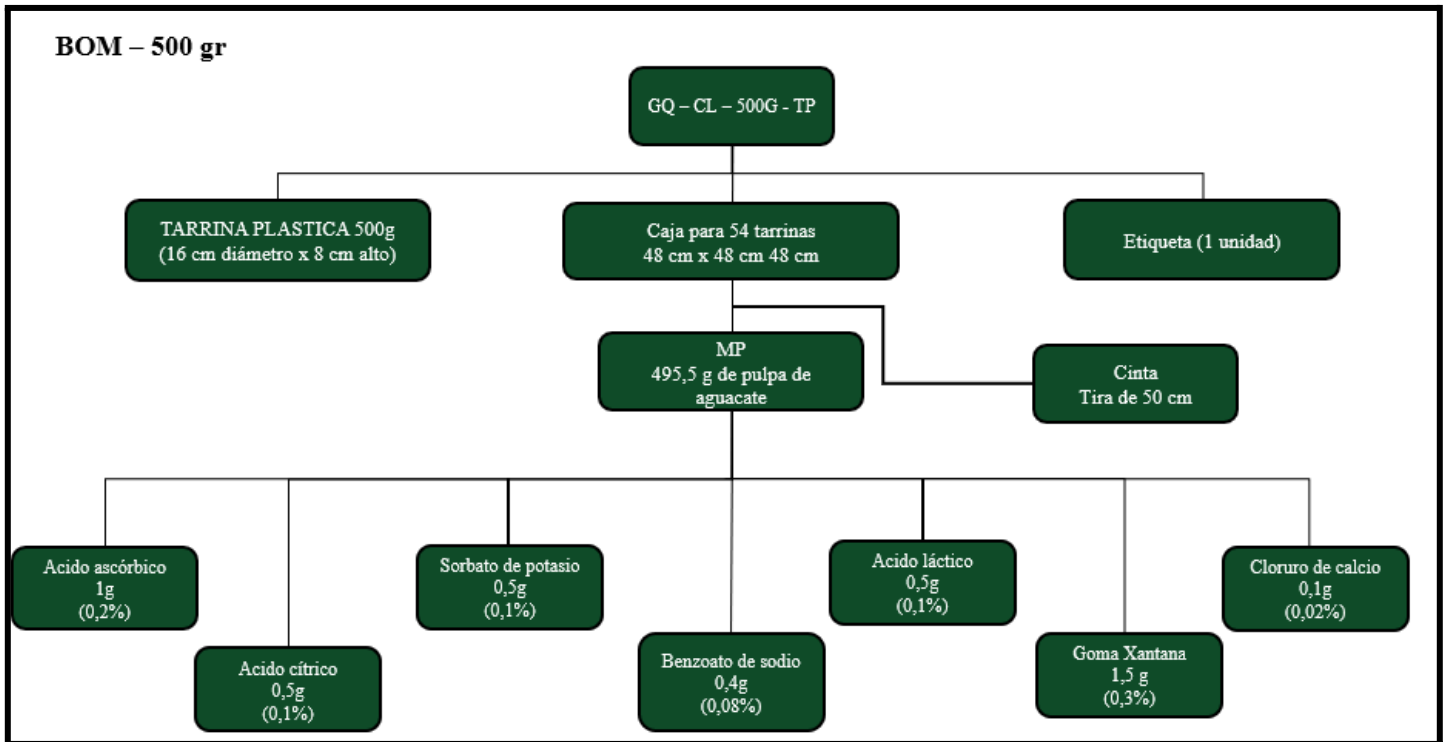


Figura XXIV. Bom guacamole clásico 1 kg

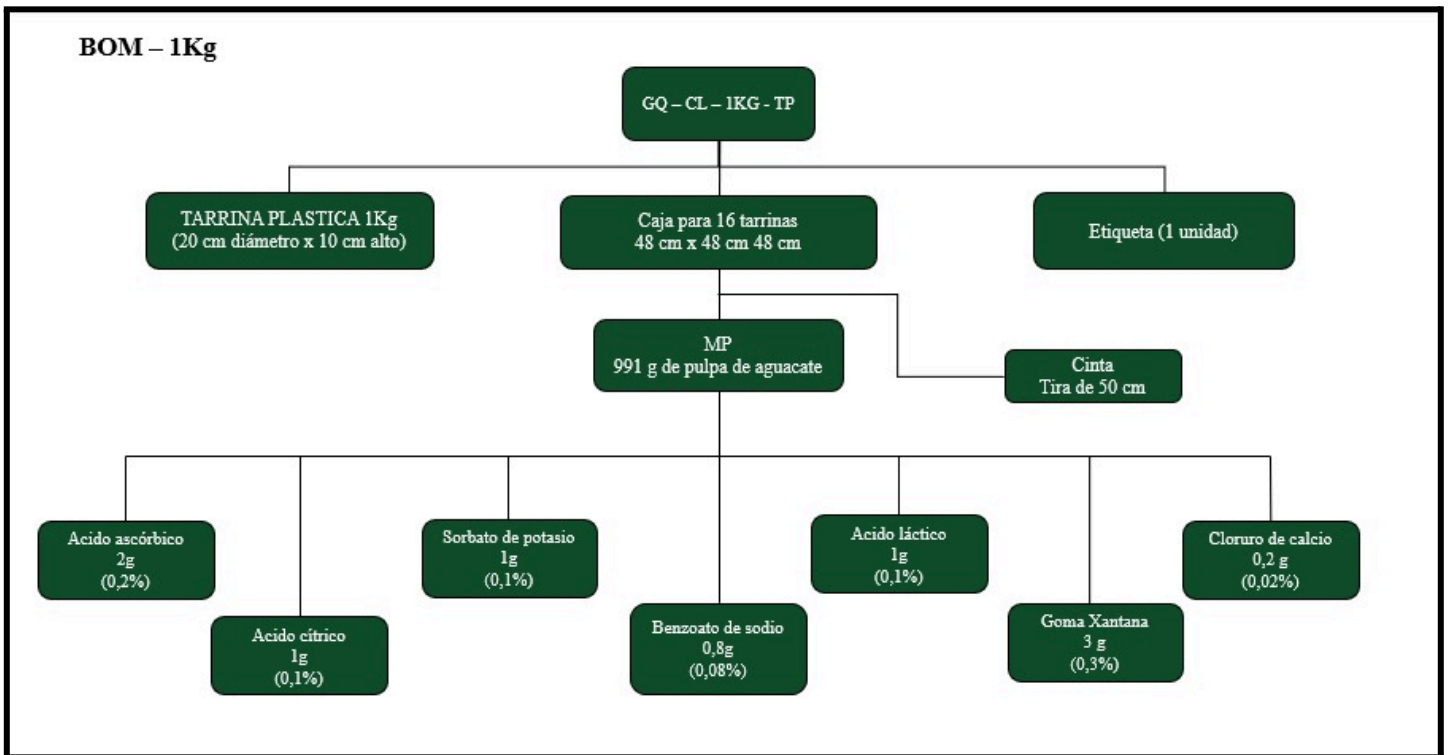


Figura XXV. Bom guacamole granel 10 kg

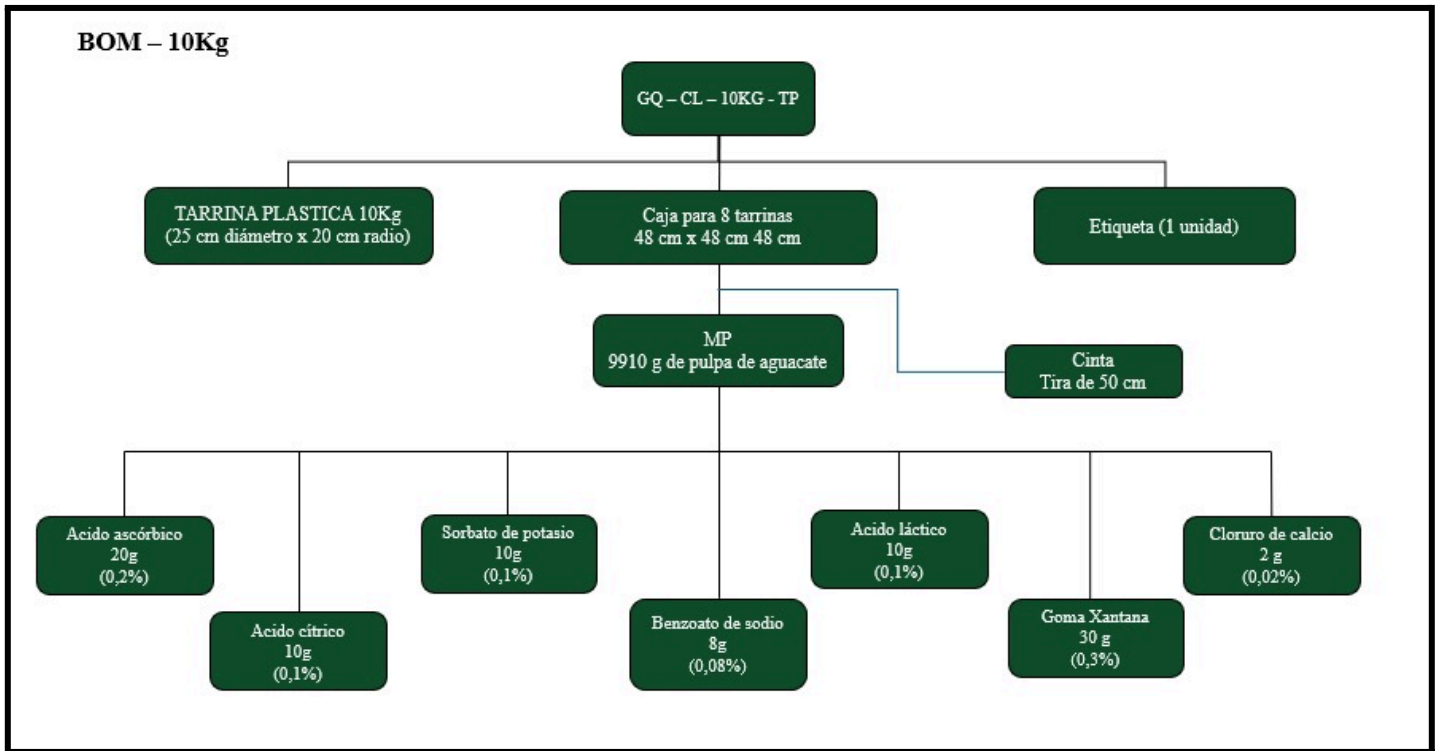
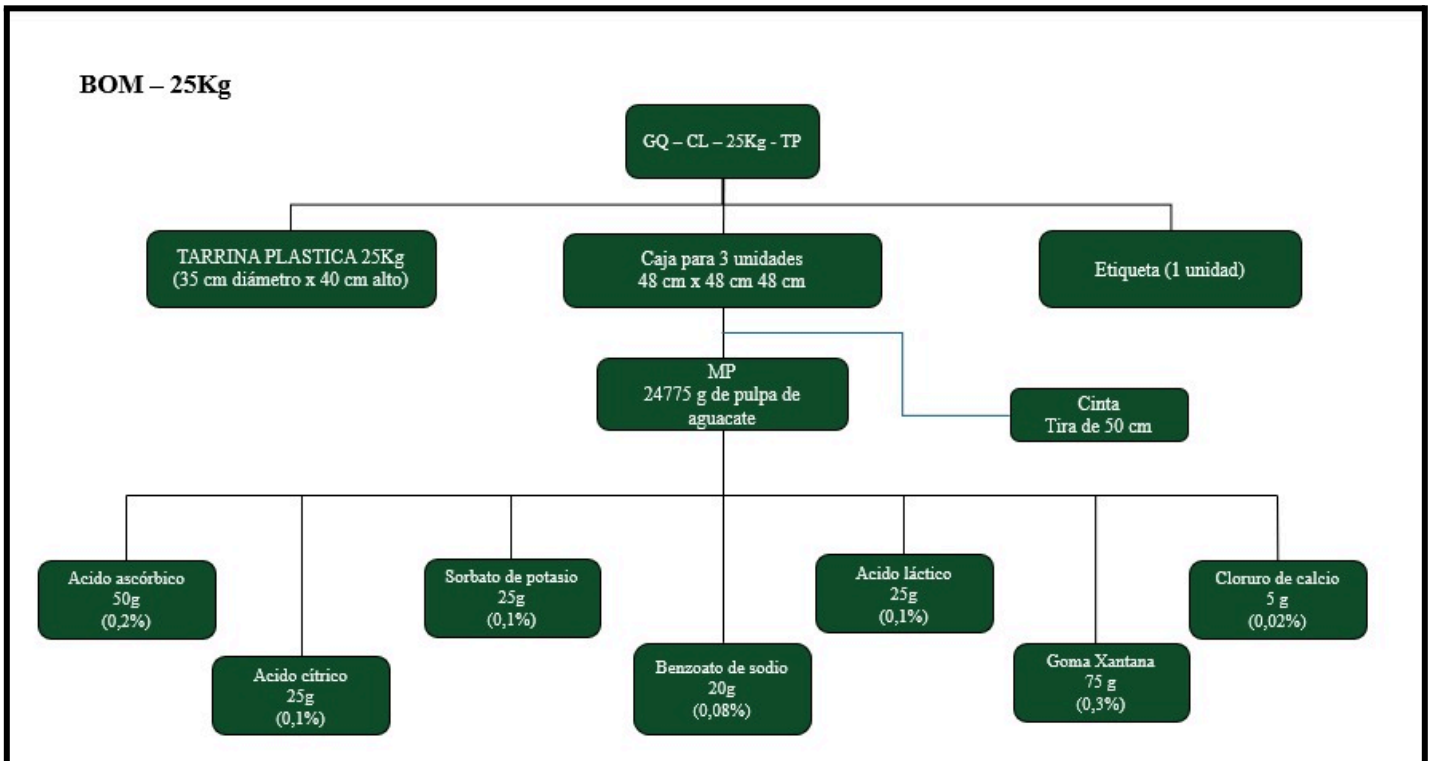


Figura XXVI. Bom guacamole granel 25 kg



El presente proyecto se desarrolla utilizando aceite de aguacate en su versión clásica, el cual será comercializado en presentaciones de 250 ml, 500 ml, 1L y 5 L. Inicialmente, se contempló el uso de empaques tanto plásticos como de vidrio para el envasado del producto final. No obstante, tras un análisis de viabilidad logística y de costos, se determinó que los envases de vidrio no serían una opción óptima. La decisión de descartar el vidrio se fundamenta en dos factores clave. En primer lugar, la distribución del producto se realiza en cajas de transporte que contendrán múltiples unidades, lo cual incrementa significativamente el riesgo de ruptura en empaques de este material, comprometiendo la integridad del producto y generando pérdidas económicas. En segundo lugar, el costo de los envases de vidrio es aproximadamente el doble del costo de los envases plásticos, lo que impactaría negativamente la rentabilidad del proyecto. Por lo tanto, se ha optado por utilizar exclusivamente empaques plásticos, garantizando así mayor resistencia durante la distribución y una reducción significativa en los costos de producción.

El guacamole que se producirá en este proyecto corresponderá únicamente a su presentación clásica, la cual será comercializada en formatos de 250 g, 500 g, 1 kg, 10 kg y 25 kg. Debido a la naturaleza perecedera del producto y su vida útil relativamente corta, se ha decidido utilizar tarrinas plásticas especializadas, que brinden una adecuada conservación, asegurando la frescura del guacamole durante su almacenamiento y distribución. En términos de comercialización, se ha establecido que las presentaciones de mayor capacidad (10 kg y 25 kg) estarán destinadas a clientes institucionales, como restaurantes, hoteles y establecimientos que requieran un alto volumen de producto para su operación diaria. Esta estrategia permitirá optimizar la logística de distribución y garantizar que los clientes puedan acceder a un producto fresco en cantidades adecuadas para su consumo continuo.

Con el objetivo de garantizar la adecuada distribución y comercialización de los productos derivados del aguacate, se ha diseñado un sistema de empaque eficiente y estandarizado. El aceite de aguacate será envasado en presentaciones individuales y agrupado en cajas. Este esquema de empaque facilita el manejo logístico, optimiza el almacenamiento y responde a las necesidades del mercado, permitiendo una distribución eficiente tanto a nivel mayorista como minorista. Además, el uso de empaques adecuados garantiza la conservación de las propiedades organolépticas y nutricionales de los productos, asegurando su calidad durante toda la cadena de suministro.

### *1.3 Volumen de producción y materias primas*

La determinación de los volúmenes de procesamiento es un componente estratégico dentro del diseño del sistema productivo, pues condiciona no solo el dimensionamiento de la planta y la selección tecnológica, sino también la estructura de costos, la viabilidad financiera y el impacto en la cadena de valor. En este proyecto, se ha definido un volumen inicial de 2.500 toneladas anuales de aguacate de tercera categoría como base operativa, el cual será transformado en dos productos diferenciados: guacamole industrializado y aceite virgen de aguacate prensado en frío.

La cifra de 2.500 toneladas/año no es arbitraria, sino resultado de un análisis riguroso que combina datos oficiales del sector agrícola colombiano, criterios de sostenibilidad, y principios de escalabilidad industrial.

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), en 2023 Colombia alcanzó una producción nacional de 676.000 toneladas de aguacate (MADR, 2023). A su vez, organismos multilaterales como la FAO y estudios del propio MADR estiman que entre el 25% y el 35% de los alimentos agrícolas se pierden en la etapa poscosecha, debido a defectos estéticos, madurez avanzada, daños mecánicos o ausencia de canales de transformación. En el caso del aguacate, se estima que el nivel de pérdida puede llegar al 30%, lo que equivale a aproximadamente 202.800 toneladas de fruta descartada anualmente.

El presente proyecto se enmarca en un ámbito territorial que abarca tres departamentos con tradición en el cultivo del aguacate: Valle del Cauca, Cauca y Nariño. Según cifras del MADR y del DANE (MADR, 2023), estos territorios concentran en conjunto cerca del 15% de la producción nacional, es decir, unas 101.400 toneladas anuales. Aplicando la tasa estimada de pérdida del 30%, se deduce que estos departamentos generan al menos 30.420 toneladas anuales de fruta potencialmente aprovechable desde el punto de vista agroindustrial.

Sobre este universo potencial, el proyecto plantea capturar inicialmente el 8,2% del total, es decir, 2.500 toneladas por año, un volumen que resulta técnica y logísticamente viable, y que permite cumplir simultáneamente con criterios de sostenibilidad, eficiencia operativa, y validación del modelo de negocio. Este volumen es conservador en términos logísticos y de mercado, pero suficiente para garantizar una capacidad instalada industrial de mediana escala que permita cubrir la curva de aprendizaje y consolidar redes de acopio, distribución y comercialización durante los dos primeros años de operación.

Al momento de calcular la disponibilidad de materia prima y su aprovechamiento en la producción, es necesario saber que hay diversos factores que influyen en el tamaño y composición del aguacate. Uno de estos aspectos es la edad de la planta, ya que, según Jesús Gaviria, representante de la Asociación de Aguacateros en Nariño, el tamaño del fruto varía en función del desarrollo del árbol, lo que puede afectar el rendimiento esperado en la cosecha. Otro punto clave es la proporción de pulpa aprovechable en cada aguacate, ya que con la pulpa es que se elabora el aceite y el guacamole. En el caso del aguacate Hass, se ha determinado que, en promedio, la pulpa representa el 66% del peso total del fruto [12]. Esto significa que, por cada 10 kg de aguacate, se obtienen aproximadamente 6,6 kg de pulpa, mientras que el restante corresponde a la semilla y la cáscara.

Para realizar una planificación más precisa en la producción y transformación del aguacate, es fundamental convertir los valores anuales en cifras mensuales. Este cambio permite un mejor control sobre el flujo de materia prima, la capacidad de producción y la gestión de inventarios, asegurando que los recursos se utilicen de manera eficiente a lo largo del año.

#### *1.4 Distribución del volumen por línea de producto*

El total de 2.500 toneladas anuales de fruta se distribuirá estratégicamente entre las dos líneas de producción contempladas:

- **Guacamole** : Se destinarán 1.300 toneladas/año de pulpa de aguacate para la elaboración de guacamole, con una relación de transformación de 1.6 kg de pulpa por cada kilogramo de guacamole terminado. Esto permitirá producir aproximadamente 799 toneladas de guacamole comercializable al año, en presentaciones destinadas a los canales de distribución.
- **Aceite de aguacate**: Las 1.200 toneladas/año restantes de pulpa se dirigirán a un proceso de extracción mecánica en frío, con un rendimiento estimado de 16%, dando lugar a 18.540 litros mensuales de aceite virgen. Este producto está orientado a nichos de mercado de alto valor como el gourmet, cosmético y funcional, tanto en el mercado nacional como internacional.

La distribución en planta por línea ha sido seleccionada para este proyecto debido a las características técnicas y operativas del proceso de transformación del aguacate en productos derivados, como el aceite de aguacate y el guacamole. Esta modalidad de distribución permite organizar las áreas de trabajo de manera secuencial, facilitando un flujo continuo y ordenado de las materias primas a lo largo del proceso productivo. En primer lugar, el flujo de trabajo en ambas líneas (aceite y guacamole) sigue una secuencia lógica y dependiente, donde cada operación debe realizarse inmediatamente después de la anterior. Este tipo de procesos repetitivos, con pasos claramente definidos (por ejemplo, recepción → lavado → pelado → triturado → procesamiento → envasado), se adapta perfectamente a una línea de producción, permitiendo minimizar los tiempos de traslado, reducir cuellos de botella y aumentar la eficiencia general del sistema.

Además, se contemplan dos líneas paralelas en la planta: una dedicada exclusivamente a la producción de aceite y otra a la de guacamole. Esta separación no solo mejora el rendimiento operativo al especializar los equipos y operarios por línea, sino que también garantiza un mejor control de calidad y evita riesgos de contaminación cruzada entre productos con requerimientos sanitarios diferentes. La distribución por línea también permite optimizar el uso del espacio, ya que facilita la alineación de la maquinaria y los servicios auxiliares (como calderas, refrigeración, aire comprimido, etc.) en función del flujo productivo. Asimismo, mejora la logística interna, reduce recorridos innecesarios y simplifica el control visual del proceso, lo que resulta ideal para la implementación de metodologías de mejora continua como Lean Manufacturing, así como para el cumplimiento de estándares de calidad e inocuidad como las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Por último, este tipo de distribución es altamente escalable, lo cual representa una ventaja para un proyecto que busca crecer a futuro. Al mantener una estructura modular por línea, se facilita la ampliación de capacidad productiva sin necesidad de rediseñar toda la planta. En conclusión, la distribución por línea responde a la necesidad de organizar el proceso productivo de forma eficiente, segura y adaptable, alineándose con los objetivos técnicos y comerciales del proyecto.

Aceite de aguacate:

- Con la técnica de prensado en frío se obtiene hasta un 16,5% de aceite por kg procesado.

Guacamole:

- Dado que la pulpa de aguacate constituye aproximadamente el 66% del peso total del fruto, para obtener 200 gramos de guacamole, se necesitan aproximadamente 132 gramos de pulpa de aguacate. Es importante tener en cuenta que esta cantidad puede variar según la receta específica y las proporciones de los ingredientes adicionales utilizados.

## 1.5 Cálculo de Rendimientos

### 1.5.1 Aceite de Aguacate

Utilizando la técnica de prensado en frío, se obtiene un 16,5% de aceite por kilogramo de aguacate procesado [11].

$$\text{Aceite} = 5200 * 0,165 = \frac{858 \text{ kg}}{\text{día}}$$

Dado que la densidad del aceite de aguacate es aproximadamente  $\frac{0,92 \text{ kg}}{\text{L}}$ , la producción en volumen es:

$$\text{Aceite} = \frac{\text{L}}{\text{día}} = \frac{858}{0,92} = \frac{932,6 \text{ l}}{\text{día}}$$

### 1.5.2 Guacamole

Se estima que el 66% del peso del aguacate corresponde a la pulpa aprovechable para guacamole [12].

$$\text{Guacamole} = 5200 * 0,66 = \frac{3,432 \text{ kg}}{\text{día}}$$

## 1.6 Distribución en Empaques

Con el objetivo de atender distintos segmentos de mercado, se ha definido una estrategia de distribución basada en diversas presentaciones de los productos, asignando porcentajes específicos a cada formato. Para garantizar una asignación eficiente del volumen de producción, se estableció una fórmula matemática que permite calcular la cantidad de unidades necesarias para cada presentación

Fórmula:

$$\frac{\text{Cantidad de aceite producido al día} \times \text{Porcentaje asignado a cada presentación}}{\text{Capacidad de almacenamiento ( en litros) de cada presentación}}$$

Esta ecuación facilita la distribución proporcional del producto, asegurando que cada formato reciba una fracción adecuada de la producción total, en función de su demanda y aplicación en el mercado. De esta manera, se optimiza el uso de los recursos productivos, al mismo tiempo que se cubren las necesidades de los distintos consumidores y canales de comercialización.

$$\text{Distribución del Aceite de Aguacate} = \frac{932,6 \text{ L}}{\text{día}}$$

$$\text{Envase de 250 ml} = 0,25 \text{ l} - 30\% \text{ del total}$$

- Volumen asignado =  $932,6 * 0,30 = 279,8 \text{ L}$
- Número de envases =  $\frac{279,8}{0,25} = 1,119 \text{ unidades}$

$$\text{Envase de 500 ml} = 0,5 \text{ L} - 25\% \text{ del total}$$

- Volumen asignado =  $932,6 * 0,25 = 233,2 \text{ L}$
- Número de envases =  $\frac{233,2}{0,5} = 466 \text{ unidades}$

$$\text{Envase de 1 L} - 30\% \text{ del total}$$

- Volumen asignado =  $932,6 * 0,30 = 279,8 \text{ L}$
- Número de envases =  $\frac{279,8}{1} = 280 \text{ unidades}$

$$\text{Envase de 5 L} - 15\% \text{ del total}$$

- $Volumen\ asignado = 932,6 * 0,15 = 139,9\ L$
- $Número\ de\ envases = \frac{139,9}{5} = 28\ unidades$

$$Distribución\ del\ Aceite\ de\ Aguacate = \frac{3.432\ kg}{día}$$

$$Envase\ de\ 250\ g = 0,25\ kg - 30\% \text{ del total}$$

- $Volumen\ asignado = 3.432 * 0,30 = 1.029,6\ kg$
- $Número\ de\ envases = \frac{1.029,6}{0,25} = 4.118\ unidades$

$$Envase\ de\ 500\ g = 0,25\ kg - 25\% \text{ del total}$$

- $Volumen\ asignado = 3.432 * 0,25 = 858\ kg$
- $Número\ de\ envases = \frac{858}{0,25} = 1.716\ unidades$

$$Envase\ de\ 1\ kg - 30\% \text{ del total}$$

- $Volumen\ asignado = 3.432 * 0,30 = 1.029,6\ kg$
- $Número\ de\ envases = \frac{1.029,6}{1} = 1.030\ unidades$

$$Envase\ de\ 5\ kg - 15\% \text{ del total}$$

- $Volumen\ asignado = 3.432 * 0,15 = 514,8\ kg$
- $Número\ de\ envases = \frac{514,8}{5} = 103\ unidades$

El volumen inicial de 2.500 toneladas no representa un techo técnico, sino una base de operación escalable. De hecho, con el fortalecimiento de alianzas con asociaciones de productores, la ampliación de capacidad instalada y la consolidación de canales de comercialización, se proyecta que en un horizonte de 5 años se podría alcanzar una capacidad de procesamiento cercana a las 5.000 toneladas anuales, con una distribución optimizada entre las dos líneas de producto y eventualmente la incorporación de subproductos como harinas, concentrados, o biopolímeros derivados del residuo sólido.

## 1.7 Estrategia corporativa

### 1.7.1 Fundamento estratégico general

La estrategia corporativa del proyecto se fundamenta en un enfoque de valorización agroindustrial sostenible, con el propósito de transformar aguacates de tercera categoría —habitualmente descartados del mercado de consumo en fresco— en productos de alto valor agregado, como el guacamole y el aceite de aguacate. Esta estrategia no solo responde a una necesidad técnica y ambiental, sino también a una oportunidad económica concreta: la creciente demanda nacional e internacional de productos funcionales, saludables y sostenibles, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente los ODS 2 (Hambre Cero), 9 (Industria, innovación e infraestructura) y 12 (Producción y consumo responsables).

En este sentido, la propuesta se posiciona como una unidad agroindustrial inteligente, que integra tecnología apropiada, eficiencia operativa, diferenciación en el mercado y compromiso con la cadena de valor agrícola, aportando a la economía circular y la reducción del desperdicio alimentario.

### 1.7.2 Ejes estratégicos

La estrategia corporativa se articula sobre cinco ejes fundamentales:

- **Sostenibilidad como eje de diferenciación**

Este proyecto no compite únicamente en precio o volumen, sino en valor sostenible. Aprovechar fruta descartada para transformarla en alimentos funcionales evita emisiones de gases de efecto invernadero por descomposición orgánica, reduce desperdicios y apoya la estabilidad económica de pequeños y medianos productores. Este diferencial se traduce en una narrativa de marca fuerte, respaldada por acciones reales de impacto social y ambiental.

- **Tecnología y eficiencia operativa**

La operación se apoya en tecnologías de bajo consumo energético, con procesos como el prensado en frío y la pasteurización controlada, que permiten conservar los atributos nutricionales de los productos y extender su vida útil sin recurrir a químicos artificiales. Se proyecta un sistema semiautomatizado, con balance adecuado entre maquinaria y trabajo humano, maximizando la eficiencia de cada estación de trabajo y reduciendo los costos unitarios.

- **Desarrollo territorial y encadenamientos**

La estrategia busca fortalecer la relación con asociaciones rurales, cooperativas y productores locales, integrando prácticas de comercio justo y acuerdos de compra anticipada. Esto no solo asegura un abastecimiento constante y trazable de materia prima, sino que también promueve el desarrollo territorial en zonas tradicionalmente agrícolas, mejorando las condiciones de vida y promoviendo el arraigo rural.

- **Diversificación de producto y escalabilidad**

La inclusión de dos líneas de productos —guacamole y aceite— responde a una estrategia de diversificación de riesgo y de mercados. Mientras que el guacamole tiene alta rotación y volumen en el canal institucional, el aceite permite acceder a nichos de alto margen. Esta arquitectura comercial permite una escalabilidad ordenada: en el futuro se pueden desarrollar subproductos como harinas de pepa, biopolímeros o productos cosméticos, sin alterar la estructura base del sistema.

- **Marca, trazabilidad y valor agregado**

La estrategia considera desde su diseño una identidad de marca alineada con valores de nutrición, transparencia y sostenibilidad, junto con un sistema de trazabilidad digital que permita identificar el origen de cada lote procesado. Esta estrategia de branding agroindustrial responsable será clave para la diferenciación en mercados gourmet, saludables y funcionales tanto a nivel nacional como internacional.

### *1.8 Modelo estratégico*

El modelo estratégico del proyecto combina elementos del enfoque Resource-Based View (RBV) y del modelo de estrategia emergente de Mintzberg. Se reconoce la ventaja competitiva como resultado de la apropiación de capacidades valiosas, raras y difíciles de imitar: acceso privilegiado a materia prima de bajo costo, conocimiento técnico del proceso productivo, canales directos con asociaciones agrícolas y una propuesta de valor auténticamente alineada con el desarrollo sostenible.

Además, se reconoce que, en el contexto agroindustrial colombiano, el entorno es altamente volátil (clima, política, logística), por lo que la estrategia requiere adaptabilidad, monitoreo continuo y la capacidad de corregir el rumbo con base en aprendizaje y retroalimentación constante.

### *1.9 Procesos*

Desde el enfoque de la ingeniería de procesos, la estructura productiva de un sistema agroindustrial debe ser diseñada para maximizar la eficiencia en la transformación de materias primas en productos terminados, minimizando pérdidas, garantizando la calidad y cumpliendo con la normatividad sanitaria vigente. En este proyecto, se concibe un sistema dual que transforma aguacate de tercera categoría en guacamole industrializado y aceite virgen de aguacate prensado en frío, utilizando procesos térmicos, mecánicos, fisicoquímicos y biológicos, estructurados en un flujo operativo continuo, trazable y sostenible.

El sistema parte de un enfoque modular, balanceado y escalable, donde las estaciones de trabajo han sido dimensionadas para sostener un volumen diario de procesamiento de 10,4 toneladas de fruta fresca, divididas en 5,4 toneladas destinadas a guacamole y 5,0 toneladas destinadas a la extracción de aceite. El sistema comparte un flujo inicial común de recepción, clasificación, pelado, deshuesado y trituración, para luego bifurcarse en dos procesos técnicos especializados que conducen a

productos con características, requerimientos y ciclos de vida distintos (*Ver anexo XI*) se detalla el flujograma del proceso con las entradas y salidas de materia prima, producto en proceso y producto terminado. A continuación se muestran las Tablas desarrolladas para el balance de línea de cada producto (*Ver Tabla XVII y XVIII*).

Tabla XVII. Balance de línea de guacamole

<b>Balance de Línea – Guacamole</b>			
<b>Estación</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida útil</b>	<b>Subproducto / Merma</b>
Recepción y clasificación	5.400 kg fruta/día	5.000 kg apta	400 kg descartada
Deshuesado y pelado	5.000 kg	3.664 kg pulpa útil	1.436 kg semilla y cáscara
Trituración	3.664 kg	3.664 kg homogénea	0 kg
Mezcla y formulación	3.664 kg + 150 kg insumos	3.814 kg mezcla completa	-
Ajuste de pH / Viscosidad	3.814 kg	3.814 kg	-
Pasteurización	3.814 kg	3.800 kg	14 kg (evaporación mínima)
Envasado y refrigeración	3.800 kg	<b>2.225 kg guacamole final</b>	~1.573 kg mermas (consistencia, control)

Eficiencia de conversión (fruta → guacamole): 41.2%

Subproductos aprovechables: Mezcla residual, semilla, cáscara → compost, insumos cosméticos, biopolímeros

Tabla XVIII. Balance de línea de aceite de aguacate

<b>Balance de Línea – Aceite de aguacate</b>			
<b>Estación</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida útil</b>	<b>Subproducto / Merma</b>
Recepción y clasificación	5.000 kg fruta/día	5.000 kg	0 kg
Deshuesado y pelado	5.000 kg	5.000 kg pulpa	340 kg semilla y cáscara
Trituración	5.000 kg	5.000 kg	-
Batido térmico	5.000 kg	5.000 kg acondicionada	-
Prensado en frío	5.000 kg	830 kg aceite crudo (906 L)	~4.000 kg torta residual
Filtración	906 litros	900 litros aceite filtrado	6 litros sedimento
Envasado y almacenamiento	900 litros	900 litros final	-

Rendimiento promedio aceite: 181,32 ml por kg de pulpa

Eficiencia global fruta → aceite: 16%

Subproductos aprovechables: Torta prensado (uso animal o cosmético), sedimentos, cáscara

### 1.9.1 Definición de capacidades y recursos del sistema productivo propuesto

La definición de capacidades y recursos del sistema productivo representa un componente esencial para dimensionar adecuadamente la operación, asegurar el cumplimiento de la demanda proyectada y establecer una base sólida para la toma de decisiones técnicas y financieras. En este contexto, el sistema propuesto se estructura con base en una capacidad instalada que

permite transformar aproximadamente 2.500 toneladas de aguacate al año, divididas en dos líneas de producción: guacamole y aceite. Para ello, se contemplan recursos físicos como equipos de procesamiento (trituradores, mezcladoras, prensas, pasteurizadores, sistemas de envasado), infraestructura de almacenamiento (cámaras frías, bodegas), y herramientas de manipulación logística (estibadoras, apiladores, pallets). A su vez, se consideran los recursos humanos necesarios para las distintas etapas del proceso, así como los insumos auxiliares, servicios técnicos y condiciones ambientales requeridas para mantener la continuidad operativa, garantizar la calidad del producto final y responder a los estándares del sector agroindustrial.

## 2. Definición de Capacidades y Recursos del Sistema Propuesto

Esta sección desarrolla la identificación y determinación de las capacidades técnicas, operativas y humanas necesarias para el funcionamiento óptimo del sistema productivo. Se abordan aspectos fundamentales como la capacidad instalada, los recursos humanos requeridos, la maquinaria y tecnología a implementar, así como los flujos de procesos y requerimientos energéticos. La definición de estas capacidades permite establecer un dimensionamiento realista y adecuado al volumen de procesamiento proyectado, garantizando la viabilidad técnica y operativa de la planta. Este análisis resulta indispensable para asegurar que el sistema esté en condiciones de responder eficientemente a la demanda esperada, a los estándares de calidad establecidos y a los principios de sostenibilidad económica y ambiental planteados en el diseño conceptual.

### 2.1 Diseño de operaciones (tecnología)

La elección de la tecnología es un paso fundamental al diseñar las operaciones para producir aceite de aguacate y guacamole, ya que define el tipo de maquinaria y equipos necesarios para una producción eficiente. Esta selección implica un análisis exhaustivo de las capacidades técnicas de las diferentes opciones, su adecuación a las necesidades de producción y la disponibilidad de recursos, incluyendo mano de obra y las capacidades de las asociaciones locales.

Se examinan factores clave como la estrategia de inventarios, el método y volúmenes de producción para determinar la tecnología más apropiada. Se consideran aspectos específicos de la maquinaria y equipos, como los requerimientos de mano de obra, tiempos de procesamiento, inversión inicial, tiempos de configuración, dimensiones y rendimiento. Esta evaluación permite ajustar las listas de materiales, asegurando que las decisiones de compra estén en línea con los objetivos de producción y estándares de calidad, contribuyendo a una operación eficiente y sostenible.

Para calcular la capacidad de las máquinas, debemos dividir la cantidad total de pulpa de aguacate entre el tiempo disponible en cada turno.

Datos:

- $Materia\ prima\ total = \frac{10.4\ toneladas}{día} = \frac{10,400\ kg}{día}$
- $Tiempo\ disponible = \frac{8\ horas}{día} = \frac{480\ minutos}{día}$

#### 1. Capacidad de la máquina de prensado en frío y la trituradora

Para procesar toda la pulpa en 8 horas:

- $\frac{10,400\ kg}{8\ horas} = \frac{1300\ kg}{hora}$
- $\frac{10,400\ kg}{480\ minutos} = \frac{21.67\ kg}{minuto}$

Tanto la máquina de prensado en frío como la trituradora deben tener una capacidad mínima de  $\frac{1300\ kg}{hora}$  o  $\frac{21.67\ kg}{minuto}$  para procesar toda la materia prima dentro del turno de 8 horas.

[13] Para el proceso de prensado en frío del aceite de aguacate, se ha seleccionado la máquina CPAO2000, cuya capacidad de procesamiento es de 2000 kg por hora. Esta elección responde a la necesidad de garantizar una extracción eficiente del aceite dentro del turno de trabajo establecido. La CPAO2000, con su capacidad de 2000 kg por hora, supera ampliamente este requerimiento, lo que permite procesar la materia prima en menos tiempo, optimizando la operación y proporcionando un margen de seguridad ante posibles aumentos en la producción o interrupciones en el flujo de trabajo.

Figura XXVII. Ficha técnica prensadora de aceite de aguacate

### Ficha Técnica prensadora de aceite de aguacate CPAO2000

Características Generales	Características Técnicas						
<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p>L: 18 m W: 6 m H: 6 m</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p>Peso 1.200 kg</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p>Precio \$ 858,000,000 COP</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div> <p>1 Persona Requerida</p> </div> </div>	<p>Es una máquina de extracción industrial diseñada específicamente para el procesamiento de pulpa de aguacate, destinada a la obtención de aceite comestible de alta calidad.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Potencia</b> 25 kW</td> <td style="width: 50%;"><b>Capacidad</b> Hasta 2.000 kg</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Tiempo de alistamiento</b> 20 min</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Rendimiento</b> 95 %</td> </tr> </table>	<b>Potencia</b> 25 kW	<b>Capacidad</b> Hasta 2.000 kg	<b>Tiempo de alistamiento</b> 20 min		<b>Rendimiento</b> 95 %	
<b>Potencia</b> 25 kW	<b>Capacidad</b> Hasta 2.000 kg						
<b>Tiempo de alistamiento</b> 20 min							
<b>Rendimiento</b> 95 %							



Para el proceso de pasteurización del guacamole, se emplea la pasteurizadora AZ-EUROMIX140, la cual cuenta con una capacidad de hasta 140 litros por ciclo. Esta máquina ha sido seleccionada debido a su eficiencia en el tratamiento térmico de productos semisólidos, garantizando la eliminación de microorganismos sin afectar la calidad organoléptica del guacamole. Las dimensiones de la pasteurizadora son 670 x 950 x 1040 mm, lo que permite su integración óptima dentro de la línea de producción. Su diseño en acero inoxidable asegura condiciones higiénicas adecuadas y facilita la limpieza después de cada lote procesado. Con este equipo, se busca mantener la frescura del guacamole mientras se prolonga su vida útil, cumpliendo con los estándares de calidad exigidos para su comercialización.

Figura XXVIII. Ficha técnica pasteurizadora

### Ficha Técnica pasteurizadora AZ- EUROMIX140

Características Generales	Características Técnicas						
<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p>L: 0.670 m W: 0.950 m H: 1.040 m</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p>Peso 357 kg</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p>Precio 50,000,000 COP</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div> <p>1 Persona Requerida</p> </div> </div>	<p>Es un equipo industrial diseñado para el tratamiento térmico de alimentos líquidos, como salsas, jugos o guacamole, mediante el control preciso de temperatura.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Potencia</b> 8 kW</td> <td style="width: 50%;"><b>Capacidad</b> 140 litros</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Tiempo de alistamiento</b> 10 min</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Rendimiento</b> 100 %</td> </tr> </table>	<b>Potencia</b> 8 kW	<b>Capacidad</b> 140 litros	<b>Tiempo de alistamiento</b> 10 min		<b>Rendimiento</b> 100 %	
<b>Potencia</b> 8 kW	<b>Capacidad</b> 140 litros						
<b>Tiempo de alistamiento</b> 10 min							
<b>Rendimiento</b> 100 %							



[14] Para el proceso de trituración de la pulpa de aguacate, hemos seleccionado la máquina MS, la cual cumple con los requerimientos de capacidad y eficiencia establecidos en nuestro proyecto. Esta máquina tiene una capacidad de procesamiento de  $\frac{1.500 \text{ kg}}{\text{hora}}$ , permitiéndonos alcanzar la producción diaria de 10.400 kg en aproximadamente 7 horas de operación. Esto nos brinda un margen adicional para realizar mantenimientos preventivos y ajustes operacionales sin afectar el flujo de producción. La elección de la MS garantiza un proceso eficiente y continuo, asegurando la calidad de la materia prima antes de su paso a las

siguientes etapas de producción. Además, la máquina cuenta con dimensiones de 1300 × 580 × 1280 mm (1.3 × 0.58 × 1.28 metros), lo que debe considerarse en la distribución del área de trabajo para su correcta instalación y operación.

Figura XXIX. Ficha técnica trituración

### Ficha Técnica Estación de trituración WED-800

Características Generales	Características Técnicas				
<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p>L: 250 cm W: 112 cm H: 223 cm</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p><b>Peso</b> 1.800 kg</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p><b>Precio</b> 40.000.000 COP</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div> <p><b>1 Persona</b> Requerida</p> </div> </div>	<p>Su sistema automático de alimentación y control computarizado permite un procesamiento eficiente y continuo.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Potencia</b></td> <td style="width: 50%;"><b>Capacidad</b></td> </tr> <tr> <td>22 kW</td> <td>2.5 toneladas/hora</td> </tr> </table> <p><b>Tiempo de alistamiento</b> 20 min</p> <p><b>Rendimiento</b> 100 %</p>	<b>Potencia</b>	<b>Capacidad</b>	22 kW	2.5 toneladas/hora
<b>Potencia</b>	<b>Capacidad</b>				
22 kW	2.5 toneladas/hora				

[15] El aceite extraído mediante la máquina de prensado en frío CPAO2000 será recolectado en un tanque de acero inoxidable con una capacidad de almacenamiento de 80 litros. Este tanque garantizará condiciones higiénicas óptimas para la conservación del producto antes de su envasado.

Para facilitar el traslado del aceite hacia la máquina de embotellado, se implementará un sistema de bombeo que permitirá un flujo continuo y controlado del líquido. A través de una tubería de acero inoxidable, el aceite será conducido directamente desde el tanque de almacenamiento hasta la máquina OverFlow 12 Boquillas Automática eSlim, asegurando un proceso eficiente y minimizando la manipulación del producto para preservar su calidad y pureza.

Figura XXX. Ficha técnica tanque de reserva

### Ficha Técnica Tanque de Reserva de Vacío

Características Generales	Características Técnicas				
<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p>L: 100 cm W: 60 cm H: 60 cm</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p><b>Peso</b> 80 kg</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p><b>Precio</b> 4.000.000 COP</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div> <p><b>1 Persona</b> Requerida</p> </div> </div>	<p>Tanque cilíndrico de acero inoxidable diseñado para conservar aceite de aguacate en condiciones de vacío. Su estructura hermética evita la oxidación, preserva las propiedades organolépticas del producto y facilita su almacenamiento.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Potencia</b></td> <td style="width: 50%;"><b>Capacidad</b></td> </tr> <tr> <td>N/A</td> <td>100 litros</td> </tr> </table> <p><b>Tiempo de alistamiento</b> 5 minutos</p> <p><b>Rendimiento</b> 100 %</p>	<b>Potencia</b>	<b>Capacidad</b>	N/A	100 litros
<b>Potencia</b>	<b>Capacidad</b>				
N/A	100 litros				

[16]

Para el proceso de embotellado del aceite de aguacate, se ha seleccionado la máquina OverFlow 12 Boquillas Automática eSlim, cuyas dimensiones son 300x100x195 cm. Esta máquina ha sido elegida debido a su capacidad de llenado eficiente y su compatibilidad con los volúmenes de producción proyectados. La OverFlow 12 Boquillas Automática eSlim tiene una capacidad de llenado de 12 botellas de 500 ml por minuto, lo que equivale a 6 litros por minuto. Considerando que la planta operará en turnos de 8 horas diarias (480 minutos por turno), la capacidad total de envasado de la máquina es de:

$$6\text{L}/\text{min} * 480 \text{ min} = 2880 \text{ L}/\text{día}$$

La producción diaria de aceite de aguacate proyectada es de 932,5 litros, por lo que la máquina es más que suficiente para cubrir la demanda. Con una capacidad de envasado que triplica la producción requerida, se garantiza una operación eficiente y un margen de seguridad en caso de aumentos en la producción o necesidades adicionales de procesamiento.

Figura XXXI. Ficha técnica envasadora

### Ficha Técnica Envasadora OverFlow 12 Boquillas Automática eSlim

Características Generales	Características Técnicas								
<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p><b>L:</b> 300 cm</p> <p><b>W:</b> 100 cm</p> <p><b>H:</b> 195 cm</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p><b>Peso</b></p> <p>215 kg</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div> <p><b>Precio</b></p> <p>45.000.000 COP</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div> <p><b>1 Persona</b> Requerida</p> </div> </div>	<p>Permite el llenado rápido y preciso de líquidos como aceite de aguacate. Cuenta con banda automática, bomba centrífuga y control neumático para optimizar el rendimiento en procesos industriales de envasado.</p> <table style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 30%;"><b>Potencia</b></td> <td>3/4 Hp</td> <td style="width: 30%;"><b>Capacidad</b></td> <td>100 ml – 5.000 ml</td> </tr> <tr> <td><b>Tiempo de alistamiento</b></td> <td>10 minutos</td> <td><b>Rendimiento</b></td> <td>100 %</td> </tr> </table>	<b>Potencia</b>	3/4 Hp	<b>Capacidad</b>	100 ml – 5.000 ml	<b>Tiempo de alistamiento</b>	10 minutos	<b>Rendimiento</b>	100 %
<b>Potencia</b>	3/4 Hp	<b>Capacidad</b>	100 ml – 5.000 ml						
<b>Tiempo de alistamiento</b>	10 minutos	<b>Rendimiento</b>	100 %						

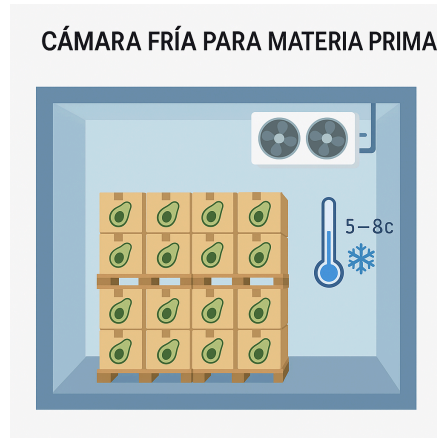
[17]

## 2.2 Estrategia de inventario

La planta contará con un área específica destinada al almacenamiento del producto terminado, garantizando un adecuado control de inventarios y facilitando la distribución eficiente de los productos. Tanto el aceite de aguacate como el guacamole serán almacenados en estanterías bajo el sistema FIFO (First In, First Out), asegurando que los productos con mayor tiempo en inventario sean despachados primero, lo que permite mantener la frescura y calidad de los mismos. Este espacio estará equipado con un estibador y un apilador para facilitar la manipulación y organización de los productos, optimizando los procesos logísticos y reduciendo el esfuerzo manual. Además, se implementará un estricto control de temperatura en el área, dado que el cuarto de almacenamiento debe mantener condiciones óptimas para preservar la frescura del guacamole y la estabilidad del aceite de aguacate. Con estas medidas, se garantizará que los productos lleguen a los consumidores en perfectas condiciones, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos. La zona de almacenamiento cuenta con los siguientes elementos.

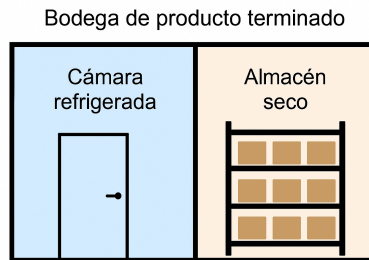
**Cámara fría para materia prima:** Ubicada justo después de la zona de recepción, esta cámara fría tiene un área de 60 m<sup>2</sup> y está diseñada para conservar el aguacate a temperaturas entre 5 y 8 °C. Esta condición asegura la estabilidad del fruto durante un máximo de 2 a 3 días sin comprometer su calidad, permitiendo una programación flexible de la producción.

Figura XXXII. Cámara fría para MP



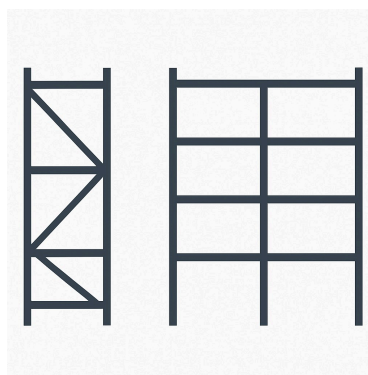
**Bodega de producto terminado:** Esta zona tiene una extensión de 60 m<sup>2</sup> e incluye dos sub áreas diferenciadas: una cámara refrigerada para el guacamole, y un espacio seco y ventilado para el aceite. Ambos espacios aseguran la conservación adecuada de los productos hasta su distribución.

Figura XXXIII. Bodega de producto terminado



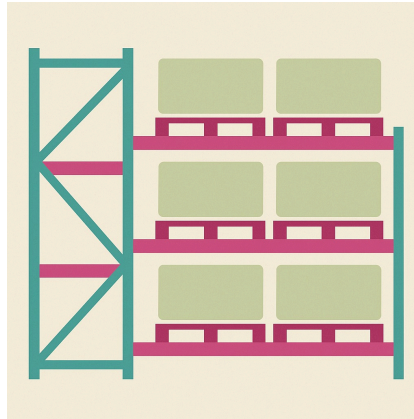
**Estanterías metálicas:** Las estanterías permiten almacenar insumos de empaque como etiquetas, tapas, botellas vacías y cajas. Su diseño modular facilita la organización por SKU, lo que reduce tiempos de búsqueda y mejora la trazabilidad.

Figura XXXIV. Estanterías metálicas



**Racks de tres niveles:** En la zona seca, se utilizan racks metálicos de hasta 3 niveles para almacenar aceite embotellado. Esta opción permite optimizar el espacio vertical y mantener la rotación del inventario.

Figura XXXV. Racks de tres niveles



**Pallets y almacenamiento en piso:** Los pallets plásticos son utilizados especialmente en la zona de refrigeración para facilitar la carga y descarga rápida del guacamole envasado. Estos se organizan sobre el piso en zonas delimitadas, permitiendo un acceso directo al producto terminado.

Figura XXXVI. Pallets y almacenamiento

#### PALLETS Y ALMACENAMIENTO EN PISO



**Equipos de manipulación:** Se contemplan estibadoras manuales y un apilador hidráulico como solución eficiente y económica para la manipulación de pallets. Su diseño compacto es adecuado para pasillos estrechos y operaciones de baja rotación de volumen.

Figura XXXVII. Equipos de manipulación

#### EQUIPOS DE MANIPULACIÓN



La estrategia de inventario propuesta para el sistema productivo de transformación de aguacate se sustenta en las características diferenciadas de los dos productos finales guacamole y aceite de aguacate, cuyas condiciones de almacenamiento, comportamiento de la demanda, vida útil y riesgos logísticos exigen un enfoque integral, flexible y técnicamente fundamentado. Dado este contexto, se adopta una estrategia híbrida de inventario, en la cual se combinan principios de producción para inventario (Make to Stock – MTS) y producción por pedido (Make to Order – MTO), permitiendo equilibrar la eficiencia operativa con la reducción del riesgo por perecibilidad o sobre almacenamiento.

#### *a) Guacamole – Estrategia MTO con buffer planificado*

El guacamole, debido a su alta perecibilidad, su sensibilidad microbiológica y su vida útil limitada (30 a 60 días dependiendo del empaque), no es apto para una estrategia MTS clásica. Almacenar grandes volúmenes por tiempos prolongados podría derivar en pérdidas por vencimiento o deterioro, afectando la rentabilidad, la imagen de marca y la seguridad alimentaria. Por ello, se adopta una estrategia MTO (Make to Order) complementada con buffers estratégicos semanales, los cuales permitirán:

- Atender picos de demanda sin comprometer tiempos de producción.
- Satisfacer pedidos no programados en los canales de distribución.
- Facilitar tiempos de respuesta cortos sin saturar la cámara de refrigeración.

Los buffers se calcularán con base en las ventanas de producción planificada y la histórica de consumo semanal, ajustando los volúmenes en función de estacionalidad y eventos de alta demanda.

#### *b) Aceite de aguacate – Estrategia MTS clásica*

El aceite de aguacate, por su alta estabilidad fisicoquímica, su vida útil prolongada (12 a 18 meses en condiciones óptimas), y su comportamiento logístico (rotación media, canales de exportación y retail especializado), sí permite adoptar una estrategia MTS tradicional. Esto se traduce en:

- Producción en lotes programados mensualmente.
- Almacenamiento en bodega seca bajo condiciones de temperatura y luz controlada.
- Despacho desde inventario para cumplir con pedidos en tiempo real, especialmente exportaciones o ventas institucionales con plazos fijos.

Este modelo facilita el aprovechamiento eficiente de la capacidad instalada, reduce costos unitarios por economías de escala y garantiza niveles óptimos de servicio para mercados exigentes.

### *2.2.1 Clasificación y tratamiento de los inventarios*

#### *a) Inventario de materia prima (aguacate de tercera categoría)*

- Naturaleza: Alta perecibilidad. Riesgo de descomposición acelerada.
- Estrategia: Flujo Just in Time, sin almacenamiento prolongado.
- Tratamiento:
  - Acopio programado con asociaciones rurales.
  - Clasificación inmediata y control por lote.
  - Se mantendrá una reserva de seguridad no mayor a 0.5 días de producción.

#### *b) Inventario de insumos y materiales (aditivos, empaques, etiquetas)*

- Naturaleza: Semiduradera. Baja rotación.
- Estrategia: EOQ (Economic Order Quantity) con control tipo ABC.
- Tratamiento:
  - Insumos críticos (ácido ascórbico, envases) como categoría A.
  - Stock de seguridad: 15 días promedio.

### ***c) Inventario en proceso (Work in Process)***

- Naturaleza: Pulpa fresca premezcla o preprensado.
- Estrategia: Flujo continuo con buffers mínimos.
- Tratamiento:
  - Tiempo máximo entre etapas: 2 horas.
  - Control visual y sensorial de calidad (color, textura, pH).
  - Registro en sistema de trazabilidad por lote.

### ***d) Inventario de producto terminado – Guacamole***

- Naturaleza: Producto refrigerado. Vida útil 30–60 días.
- Estrategia: MTO + buffer de anticipación programada.
- Tratamiento:
  - Inventario proyectado: producción semanal con buffer de seguridad de 2 días.
  - Rotación alta. Control bajo esquema FEFO (First Expired, First Out).

### ***e) Inventario de producto terminado – Aceite de aguacate***

- Naturaleza: Producto estable. Alta vida útil.
- Estrategia: MTS con producción en lotes mensuales.
- Tratamiento:
  - Almacenamiento en bodega seca con racks organizados por lote y fecha.
  - Inventario objetivo: cobertura de 2 meses de demanda.

## ***2.3 Diseño de operaciones (costo unitario de producción y abastecimiento de la materia prima)***

El diseño de operaciones abarca también los costos de producción y el suministro de materia prima, elementos clave para asegurar que el sistema productivo tenga los recursos necesarios para un funcionamiento eficiente. Se profundiza en el análisis de los tiempos de procesamiento, los costos directos e indirectos y los costos de la materia prima para calcular los costos unitarios de producción. Además, se analiza información macroeconómica y del sector de empresas de empaque para comprender el costo de capital, lo que permite establecer los aspectos necesarios para la gestión de los inventarios de materia prima.

### ***2.3.1 Costos unitarios***

En el desarrollo del proyecto, se ha llevado a cabo un análisis detallado de los costos asociados a los empaques, etiquetas, documentación y maquinaria - tecnología requeridas para la comercialización del aceite de aguacate y el guacamole (Anexo 9). Estos costos han sido determinados con base en valores promedio obtenidos a partir de proveedores del sector, asegurando así una estimación realista y alineada con las condiciones del mercado. Los valores se expresan en pesos colombianos (COP) y representan un factor clave en la estructura de costos del proyecto.

### ***2.3.2 Costos de mano de obra:***

Para la contratación del personal operativo, se ha determinado que los operarios y auxiliares y técnicos recibirán un salario equivalente al Salario Mínimo Legal Vigente (SMLV) en Colombia, el cual para el año 2025 se estableció en \$1.423.500 mensuales. Adicionalmente, aquellos empleados que cumplan con los requisitos legales recibirán el auxilio de transporte de \$200.000, lo que eleva su remuneración total a \$1.623.500 mensuales. Esta decisión se basa en garantizar condiciones laborales justas y alineadas con la normativa vigente, permitiendo así la optimización de costos operativos dentro del proyecto.

Para la contratación de supervisores dentro del proyecto, se ha establecido una remuneración mensual de \$1.800.000. Este valor se encuentra dentro del rango salarial promedio para este cargo en Colombia, asegurando una compensación competitiva y acorde con las responsabilidades del puesto. La determinación de este salario se basa en la necesidad de contar con personal calificado que garantice la eficiencia y calidad en los procesos productivos, sin que ello represente un impacto excesivo en los costos operativos del proyecto. Además, este monto permite mantener un equilibrio entre la sostenibilidad financiera y la adecuada gestión del talento humano en la empresa.

Es importante señalar que las tres primeras estaciones de trabajo —recepción y clasificación, deshuesado y pelado, y trituración— son compartidas entre ambas líneas de producción, dado que la materia prima (aguacate) pasa por los mismos procesos iniciales antes de dividirse hacia la línea de guacamole o la de aceite. Esta estructura permite una mejor utilización de los recursos humanos y técnicos, así como una reducción en los costos operativos.

Las estaciones compartidas responden a los siguientes criterios técnicos:

- En la estación de **recepción y clasificación** se requiere 1 operario por turno, ya que se trata de una operación manual centrada en la inspección visual.
- En la **deshuesado y pelado**, al ser una operación semiautomatizada y de mayor volumen (3.300 kg/día), se asignan 3 operarios y 1 supervisor para asegurar fluidez y supervisión constante.
- En la **trituración**, donde se operan mínimo 2 máquinas, se requiere la presencia de 2 técnicos de línea.

En la **línea de guacamole**, el número de trabajadores responde a los siguientes criterios técnicos:

- En la **mezcla de ingredientes**, la operación semiautomatizada demanda precisión en la formulación, por lo que se cuenta con 1 operario y 1 técnico de formulación.
- En el **ajuste de pH**, al tratarse de un proceso automatizado con sensores, se asigna 1 técnico encargado de garantizar que los niveles sean adecuados para evitar la proliferación de microorganismos y asegurar la estabilidad del producto.
- En la estación de **pasteurización**, también automatizada, se requiere 1 técnico especializado que supervise la correcta aplicación del tratamiento térmico para garantizar la inocuidad del guacamole.
- En la estación de **envasado y sellado**, se trabaja con una velocidad de 40 envases por minuto, lo que requiere la intervención de 2 operarios y 1 técnico.

Finalmente, para la **refrigeración y despacho**, se asigna 1 auxiliar de logística encargado de organizar la salida del producto.

En la **línea de aceite de aguacate**, el número de trabajadores responde a los siguientes criterios técnicos:

- En el **batido y acondicionamiento**, se requiere 1 operario y 1 técnico para garantizar la calidad del proceso previo a la extracción.
- En la **prensa en frío**, se involucran 2 operarios y 1 mantenedor debido a la delicadeza del proceso de extracción.
- La estación de **filtración** requiere solo 1 operario debido a su automatización.
- En el **almacenamiento**, un auxiliar de bodega es suficiente para manejar el volumen de aceite.

Finalmente, para el **empaque y rotulado**, se requieren 2 operarios y 1 supervisor, ya que es una etapa semiautomatizada que exige control visual y coordinación.

La cantidad de trabajadores definida por estación busca equilibrar el nivel de automatización, la capacidad de producción diaria y la necesidad de control de calidad, asegurando así un flujo productivo continuo, eficiente y seguro. Esta distribución también permite responder de manera oportuna ante posibles fallas, garantizar el cumplimiento de los estándares sanitarios y reducir cuellos de botella en la línea de producción.

Tabla XIX. Calculo nómina (salario)

<b>Cargo</b>	<b>Cantidad de trabajadores</b>	<b>Salario mensual por trabajador</b>	<b>Costo mensual total</b>
Operarios	14	\$ 1.623.500	\$ 22.729.000
Técnicos	8	\$ 1.623.500	\$ 12.988.000
Auxiliares	2	\$ 1.623.500	\$ 3.247.000
Supervisores	2	\$ 1.800.000	\$ 3.600.000
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>26</b>		<b>\$ 42.564.000</b>

En total, el costo mensual de la nómina asciende a \$42.564.000, valor que representa una inversión clave en el talento humano para garantizar la eficiencia, calidad y cumplimiento de los objetivos del sistema productivo.

Para la estimación del costo de la mano de obra en el sistema productivo de guacamole y aceite de aguacate, se ha decidido utilizar un análisis de flujo mixto. Este tipo de análisis es el más adecuado debido a la naturaleza de la línea de producción, la cual combina características de flujo en línea (lineal y secuencial en las primeras etapas) y de flujo funcional o por procesos (al dividirse en dos líneas paralelas y especializadas para productos distintos).

Durante las tres primeras estaciones, el flujo es unificado y secuencial, lo que corresponde a un esquema tradicional de línea. Sin embargo, posteriormente el sistema se ramifica en dos procesos diferenciados, uno para guacamole y otro para aceite, cada uno con operaciones específicas y recursos técnicos distintos. Esta bifurcación implica una combinación de actividades repetitivas y especializadas, propias de un entorno de producción de flujo mixto.

El análisis de flujo mixto permite así una asignación más precisa del número de operarios por estación, considerando tanto la continuidad del flujo común como las particularidades de cada línea final. Además, este enfoque facilita la optimización del tiempo de ciclo y de la carga de trabajo, permitiendo un uso más eficiente del recurso humano y una estimación realista de los costos operativos asociados.

Para el marco del sistema productivo, se garantiza el cumplimiento de todas las obligaciones legales relacionadas con el talento humano vinculado al proceso, incluyendo operarios, técnicos, auxiliares y supervisores.

A todos los trabajadores vinculados mediante contrato laboral se les reconocerán las prestaciones sociales y los aportes a la seguridad social establecidos por la legislación colombiana vigente, asegurando condiciones dignas de trabajo y contribuyendo al bienestar y estabilidad económica de cada colaborador. Los pagos adicionales al salario mensual serán los siguientes:

#### Prestaciones Sociales:

- Cesantías: 8.33% del salario anual, consignadas al fondo correspondiente.
- Intereses sobre cesantías: 12% anual sobre el valor de las cesantías, pagados directamente al trabajador.
- Prima de servicios: 8.33% del salario anual, distribuida en dos pagos (junio y diciembre).
- Vacaciones: 15 días hábiles remunerados por cada año de servicio.

#### Aportes a la Seguridad Social:

- Salud: 8.5% del salario, asumido por la empresa.
- Pensión: 12% del salario, también a cargo del empleador.
- Riesgos laborales (ARL): Según el nivel de riesgo de la actividad, se pagará entre 0.522% y 6.96%.

- Caja de compensación: 4% del salario mensual.

Tabla XX. Cálculo nómina (con prestaciones)

	<b>Operarios/ tecnicos/ auxiliares</b>	<b>Supervisores</b>
<b>Salario base</b>	\$ 1.623.500	\$ 1.800.000
<b>Cesantías</b>	\$ 135.238	\$ 149.940
<b>Intereses cesantías</b>	\$ 16.229	\$ 17.993
<b>Prima de servicios</b>	\$ 135.238	\$ 149.940
<b>Vacaciones</b>	\$ 67.700	\$ 75.060
<b>Salud</b>	\$ 137.998	\$ 153.000
<b>Pensión</b>	\$ 194.820	\$ 216.000
<b>Caja de compensación</b>	\$ 64.940	\$ 72.000
<b>ARL nivel II</b>	\$ 16.949	\$ 18.792
<b>Costo total mensual</b>	\$ 2.392.610	\$ 2.652.725

Con base en esta estructura, se realizó el cálculo del costo mensual real por trabajador, donde obtenemos que para los operarios, técnicos y auxiliares, cuyo salario mensual es de \$1.623.500, el costo total para la empresa asciende a aproximadamente \$2.392.671 mensuales y para los supervisores, con un salario mensual de \$1.800.000, el costo total para la empresa es de \$2.652.792 mensuales, bajo las mismas condiciones de seguridad social y beneficios laborales. Si se tiene en cuenta que el sistema productivo cuenta con 14 operarios, 8 técnicos, 2 auxiliares y 2 supervisores, el costo total mensual de la nómina del personal vinculado al sistema productivo es de aproximadamente \$62.729.688 COP.

Este análisis permite dimensionar adecuadamente el presupuesto de nómina dentro del sistema productivo y asegura que las prácticas de contratación sean formales, justas y alineadas con la normatividad colombiana. Además, refleja el compromiso del proyecto con la generación de empleo digno y el fortalecimiento del desarrollo económico local.

### 2.3.3 Costos de empaques y etiquetas:

El análisis de costos unitarios demuestra que la inversión en empaques y etiquetas representa un aspecto fundamental en la rentabilidad del proyecto, ya que influye directamente en la percepción de calidad y conservación del producto. Asimismo, el cumplimiento de los requisitos legales y normativos es indispensable para garantizar la viabilidad del negocio en el mercado nacional e internacional. Con estos costos estructurados, se podrá realizar una planificación financiera precisa y tomar decisiones estratégicas para optimizar los recursos disponibles.

Para el aceite de aguacate, los empaques plásticos presentan los siguientes costos:

Tabla XXI. Empaques plasticos

<b>Presentación</b>	<b>Precio (COP)</b>
250 ml	\$650
500 ml	\$1.000
1 Litro	\$1.850
5 Litros	\$7.500

Las etiquetas correspondientes a estas presentaciones tienen un costo de:

Tabla XXII. Etiquetas

Presentación	Precio (COP)
250 ml	\$250
500 ml	\$250
1 Litro	\$750
5 Litros	\$1.000

En cuanto al **guacamole**, los empaques en tarrinas plásticas tienen los siguientes costos:

Tabla XXIII. Empaques tarrinas plásticas

Presentación	Precio (COP)
250 g	\$800
500 g	\$1.200
1 kg	\$2.000
10 kg	\$10.000
25 kg	\$20.000

Las etiquetas para estas presentaciones tienen un costo de:

Tabla XXIV. Etiquetas guacamole

Presentación	Precio (COP)
250 g	\$250
500 g	\$250
1 kg	\$750
10 kg	\$1.250
25 kg	\$1.750

#### 2.3.4 Costos de documentación y registros legales:

Para garantizar el cumplimiento normativo y la comercialización del producto, se requiere una serie de registros y certificaciones, con los siguientes costos:

- **Registro sanitario INVIMA:** \$7004342 COP (aceite) - \$5235761 COP (guacamole).
- **Registro mercantil para cámara de comercio:** \$23.104 COP.
- **Certificado de existencia y representación legal:** \$11.600 COP.

- **Registro único tributario (RUT):** Gratuito.
- **Certificación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM):** entre \$2.000.000 COP y \$10.000.000 COP.

Cabe destacar que algunas microempresas pueden estar exentas de ciertos pagos o acceder a tarifas reducidas, dependiendo de su clasificación y beneficios gubernamentales.

### 2.3.5 Costos de maquinaria y tecnologías para el proceso productivo:

A continuación, se presentan los costos asociados a la adquisición de maquinaria y tecnología, elementos fundamentales que facilitarán y optimizarán nuestro proceso productivo. Esta inversión estratégica nos permitirá mejorar la eficiencia, garantizar la calidad y aumentar la capacidad de producción, asegurando así la competitividad en el mercado. Es esencial considerar tanto los costos iniciales de adquisición como los gastos relacionados con el mantenimiento, la capacitación del personal y la implementación de tecnologías avanzadas que contribuyan a la reducción de costos unitarios y de producción.

Para la maquinaria y tecnología se presentan los siguientes costos:

Tabla XXV. Maquinaria y tecnología

Maquinaria y tecnología	
Maquina trituradora	\$ 40.000.000
Medidor digital de PH	\$ 1.450.031
Viscosimetro	\$ 1.155.789
Pasteurización	\$ 50.000.000
Prensa para aceite de aguacate	\$ 858.000.000
Filtro	\$ 101.496
Bomba	\$ 391.000
Tanque Acero inoxidable	\$ 4.000.000
Envasadora	\$ 45.000.000
Apilador	\$ 550.000
estanterias fifo	\$ 1.478.000
Estibador	\$ 2.665.000
Estibas (UND)	\$ 140.000

### 2.4 Abastecimiento e inversión de materia prima

El abastecimiento de materia prima es una de las funciones críticas del sistema productivo propuesto, pues la calidad, disponibilidad, costo y regularidad del aguacate de tercera categoría inciden directamente sobre la eficiencia operativa, la calidad del producto final y la rentabilidad del negocio. Dado que el modelo de producción está basado en el aprovechamiento de fruta no apta para exportación ni consumo en fresco, pero aún con valor nutricional y estructural, se establece una estrategia de compra y acopio que prioriza alianzas regionales, sostenibilidad del suministro y costos competitivos.

Tabla XXVI. Volumen requerido

Volumen requerido			
Línea de producción	Volumen anual (ton)	Volumen mensual (ton)	Volumen diario (ton)
Guacamole	1.500	125	5,4
Aceite de aguacate	1.000	83,3	5
Total	2.500	208,3	10,4

Para garantizar la continuidad de la operación, se proyecta mantener una cobertura mínima de materia prima de 1 día, y una reserva estratégica equivalente a 2 jornadas bajo refrigeración o logística de abastecimiento cruzado.

### 2.5 Inversión proyectada en materia prima

Según boletines de la Bolsa Mercantil de Colombia y reportes del Ministerio de Agricultura, el precio promedio del aguacate Hass de tercera categoría oscila entre \$600 y \$850 COP/kg, con variaciones por estacionalidad. Para efectos de planeación financiera, se ha adoptado un valor conservador de \$750 COP/kg, entregado en planta.

Tabla XXVII. Materia prima

Concepto	Valor estimado
Volumen anual de fruta fresca	2.500.000 kg
Precio unitario de compra	\$750 COP/kg
Inversión anual proyectada	\$1.875.000.000 COP
% del costo directo de producción	Aproximadamente 45 %

### D. Diseño de operaciones (Capacidad de las estaciones de trabajo y estrategias de producción)

#### 2.6 Estrategia de producción

La estrategia de producción del presente sistema agroindustrial ha sido diseñada bajo criterios de eficiencia operativa, sostenibilidad productiva y flexibilidad comercial, atendiendo las particularidades técnicas, logísticas y de comportamiento de mercado de los productos a desarrollar: guacamole y aceite de aguacate. Se trata de dos productos con requerimientos sustancialmente distintos en términos de conservación, rotación, valor por unidad y vida útil, lo que exige un abordaje estratégico diferenciado, pero operativamente integrado.

En consecuencia, se ha adoptado una estrategia de producción híbrida, basada en la combinación de los modelos Make to Order (MTO) y Make to Stock (MTS), según la línea de producto, volumen procesado, horizonte de almacenamiento y dinámica de comercialización.

La línea de guacamole será operada bajo una lógica Make to Order (MTO), debido a que se trata de un producto de alta perecibilidad, con una vida útil promedio de entre 30 y 60 días, lo cual limita la posibilidad de mantener inventarios extensos sin comprometer la calidad, la inocuidad o la rotación de producto. Este modelo implica que la producción será programada a partir de la demanda concreta del mercado, respondiendo a pedidos institucionales, comerciales o mayoristas.

Para garantizar continuidad operativa y capacidad de respuesta frente a picos de demanda, se implementará un buffer técnico de producto terminado refrigerado, equivalente a dos días promedio de producción, es decir, aproximadamente 4.500 kilogramos de guacamole almacenados a temperaturas controladas entre 0 y 4 °C. Este buffer se renovará permanentemente con base en la programación semanal y las previsiones de venta en el canal Horeca, grandes superficies o distribución regional.

- Volumen diario de fruta procesada: 5.400 kilogramos
- Pulpa útil obtenida: 3.564 kg/día (66 % de rendimiento)
- Producción final estimada: 2.227 kg/día de guacamole comercializable
- Rotación esperada de inventario refrigerado: 2 a 2,5 veces por semana

Este modelo garantiza máxima frescura, evita vencimientos anticipados, reduce desperdicios y favorece la trazabilidad en el manejo de lotes, cumpliendo con los principios HACCP y los estándares del INVIMA.

En contraste, la línea de aceite operará bajo el modelo Make to Stock (MTS), dado que este producto presenta alta estabilidad fisicoquímica, vida útil extendida (12 a 18 meses en condiciones óptimas) y características de rotación menos dependientes del consumo inmediato. Esto permite implementar una producción basada en lotes programados y almacenamiento prolongado en condiciones de bodega seca y temperatura controlada.

La producción se organizará en ciclos semanales y quincenales, ajustados a las proyecciones de demanda de los canales de exportación, retail especializado, tiendas saludables y sector cosmético. El producto será fraccionado en diferentes presentaciones (vidrio, PET o pouch flexible), según la segmentación del cliente.

- Volumen diario de pulpa procesada: 5.000 kilogramos
- Rendimiento promedio: 181,32 ml/kg
- Producción final diaria estimada: ~906 litros de aceite virgen
- Stock de seguridad estimado: equivalente a 2 meses de rotación promedio

Este modelo permite alcanzar economías de escala, reducir costos unitarios de producción, maximizar el uso de maquinaria y asegurar el cumplimiento de compromisos de venta nacionales e internacionales con capacidad de respuesta inmediata.

### *2.7 Capacidad de las Estaciones de Trabajo*

El presente apartado tiene como finalidad definir y justificar la capacidad requerida en cada una de las estaciones de trabajo que componen el sistema productivo de transformación de aguacate, así como la estrategia de producción más adecuada para garantizar el cumplimiento de los objetivos operativos, logísticos y comerciales del proyecto. Esta sección es crítica para asegurar la coherencia técnica entre los volúmenes proyectados, la infraestructura instalada y la dinámica de la demanda.

La planta procesadora operará en una jornada de 8 horas diarias, 5 días por semana, durante 50 semanas al año, lo que representa un total de 2.000 horas de operación anuales por estación. Esta base operativa ha sido establecida considerando prácticas estándar en la industria alimentaria, garantizando espacios adecuados para mantenimiento preventivo, limpieza, control de calidad y ajustes operativos.

Asimismo, se ha incorporado un análisis por estación, considerando su nivel de automatización, los índices de disponibilidad esperada (en función de mantenimientos programados, limpiezas y posibles fallas) y la demanda diaria por línea. Este enfoque técnico garantiza que los tiempos de producción se ajusten a los límites establecidos, que cada estación opere con la mayor eficiencia posible, y que se minimicen los tiempos muertos, reforzando la continuidad del flujo operativo.

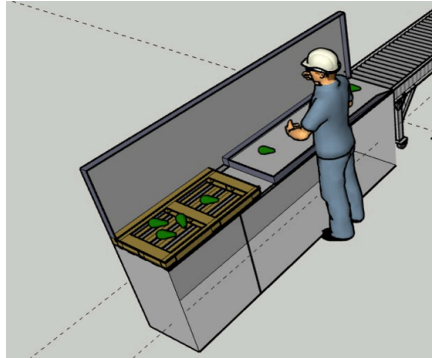
La distribución del volumen anual total (2.500 toneladas) entre las dos líneas de producción —guacamole y aceite de aguacate virgen— ha sido diseñada estratégicamente con el objetivo de maximizar el aprovechamiento de la materia prima y diversificar el portafolio productivo. Así, se establecen 1.300 toneladas anuales de pulpa destinadas al guacamole y 1.200 toneladas para la extracción de aceite, con relaciones de conversión técnica previamente verificadas (1,6 kg de pulpa por 1 kg de guacamole, y 16% de rendimiento en aceite).

A continuación, se describe la capacidad estimada para las estaciones principales de ambas líneas de producción:

- a. Estación de Recepción y Clasificación
  - **Disponibilidad estimada:** 95 %
  - **Capacidad proyectada:**  $\geq 10.400$  kg/día de fruta

Una sola estación es suficiente para cubrir la totalidad de la materia prima ingresada diariamente. El proceso se realiza de forma manual con apoyo de dispositivos electrónicos de pesaje y registro, permitiendo que los operarios alternen actividades con otras estaciones de baja carga.

Figura XXXVIII. Estación de recepción y clasificación



b. Estación de Pelado y Deshuesado

- **Disponibilidad operativa:** 85 %
- **Demanda operativa:** 5.400 kg/día (guacamole) + 5.000 kg/día (aceite)

Esta estación presenta una mayor carga operativa, por lo cual se requerirá de al menos **3 operarios por jornada**, organizados en células semi- automatizadas que permitan abastecer ambas líneas sin interrupción. Se identificó como una de las estaciones potenciales para reforzamiento futuro.

Figura XXXIX. Estación de pelado y deshuesado (ángulo 1)

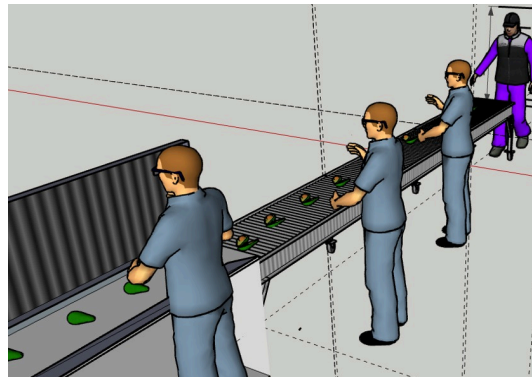


Figura XL. Estación de pelado y deshuesado (Ángulo 2)

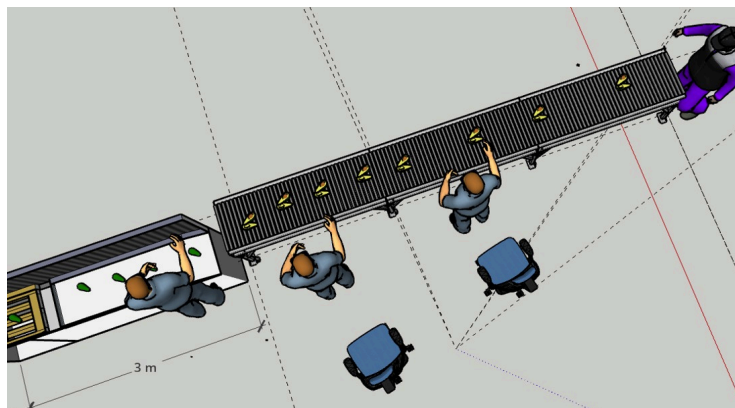


Figura XLI. Estación de pelado y deshuesado (Ángulo 3)



c. Estación de Triturado

- **Disponibilidad operativa:** 90 %
- **Capacidad instalada:** 600–700 kg/h
- **Tiempo de ciclo por kg:** ~6 segundos

Dado que ambas líneas requieren esta operación, se instalarán **dos unidades trituradoras en paralelo**, asegurando continuidad y cobertura de picos. La redundancia técnica en esta estación crítica permitirá evitar cuellos de botella en el flujo general.

d. Estación de Mezcla (guacamole)

- **Disponibilidad estimada:** 85 %
- **Demanda diaria:** 3.564 kg de pulpa + 150 kg de insumos

Esta estación operará con equipos de mezcla de paletas automatizadas, con una capacidad de **400–450 kg/h**, lo cual garantiza cubrir la demanda diaria en jornadas de 8 horas. Requiere calibración precisa y sistemas de dosificación digital.

Figura XLII. Mezcla de ingredientes



e. Estación de Ajuste de pH y Viscosidad (guacamole)

- **Disponibilidad:** 100 % (proceso inline automatizado)

La operación es continua y no requiere intervención manual directa. Funciona con sensores y válvulas de control automático en el flujo de la mezcla, conectadas al sistema de supervisión central (SCADA).

f. Estación de Pasteurización (guacamole)

- **Disponibilidad:** 90 %
- **Capacidad estimada:** 300 kg/h

Se empleará un túnel de pasteurización continuo a 80 °C. Esta estación trabaja en régimen estable y requiere monitoreo constante de temperatura y caudal. Se proyecta una eficiencia térmica superior al 85 %.

g. Estación de Envasado y Sellado (guacamole)

- **Disponibilidad estimada:** 85 %
- **Capacidad por línea:** 1.000 envases/hora (250 g)

Esta estación se considera crítica, tanto por su precisión como por su impacto en la inocuidad del producto. Se utilizará un sistema automático con atmósfera modificada (MAP), capaz de procesar lotes de hasta 9.000 unidades diarias con alta fiabilidad.

Figura XLIII. Envasado y sellado

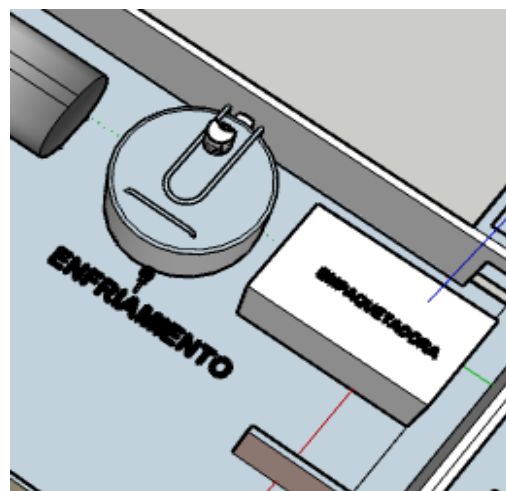


h. Estación de Batido y Prensado (aceite)

- **Disponibilidad combinada:** 77 %
- **Demanda:** 5.000 kg/día

La extracción en frío requiere una línea continua de batido térmico ( $\leq 50$  °C) y prensado hidráulico. Se estima un rendimiento de 181,32 ml de aceite/kg de pulpa, por lo que se proyecta la operación de 2 prensas de 500 kg/hora, cubriendo la demanda en turnos completos y dejando holgura para mantenimiento.

Figura XLIV. Estación de batido y prensado



i. Estación de Filtración y Clarificación (aceite)

- **Disponibilidad:** 90 %
- **Capacidad:** 1.200 litros/hora

Este proceso es continuo y se realiza en línea posterior al prensado. No genera acumulación, pero sí requiere supervisión técnica por parte de un operario calificado.

j. Estación de Almacenamiento (aceite)

- **Disponibilidad:** 100 %
- **Capacidad instalada:** 40.000 litros

Los tanques de acero inoxidable contarán con control de temperatura, atmósfera neutra y sistema de agitación programada. Esta estación permite fraccionamiento posterior según necesidades de mercado.

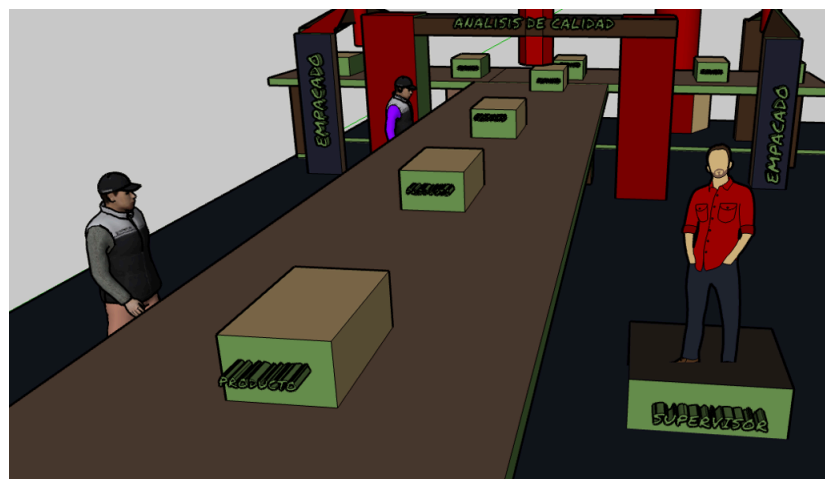
k. Estación de Empaque (aceite)

- **Disponibilidad estimada:** 90 %
- **Capacidad:** 500 botellas/hora (500 ml)

El fraccionamiento se realizará de forma semiautomática, permitiendo ajustes por presentación (50 ml, 250 ml, 500 ml) según demanda comercial. Un operario puede operar hasta 2 máquinas de forma simultánea.

El análisis detallado de la capacidad de cada estación permite asegurar que la planta puede operar en condiciones de eficiencia técnica, continuidad operativa y adaptabilidad ante variaciones de demanda. Las estaciones han sido diseñadas con holguras técnicas del 15–25 %, evitando cuellos de botella y facilitando mantenimientos sin interrupción del flujo. Adicionalmente, el modelo de redundancia parcial en estaciones críticas (triturado, prensado, envasado) refuerza la estabilidad operativa del sistema.

Figura XLV. Empaque



## 2.8 Diseño de operaciones (Diseño de estaciones de trabajo y tiempo de ciclo)

El diseño de estaciones de trabajo y el tiempo de ciclo son elementos clave para garantizar la eficiencia del flujo productivo y evitar cuellos de botella dentro del sistema. La correcta secuenciación, asignación de recursos y dimensionamiento temporal de cada actividad permite optimizar la utilización de la maquinaria, del recurso humano y del espacio físico, garantizando una producción fluida, con mínimas interrupciones, bajo costos controlados.

En el marco del sistema productivo proyectado, se han definido dos líneas paralelas con estaciones de trabajo específicas para cada producto: guacamole y aceite de aguacate. Cada línea ha sido diseñada bajo un criterio de modularidad, continuidad operativa, y facilidad de mantenimiento, considerando tanto su flujo técnico como sus requerimientos sanitarios, logísticos y energéticos.

### 2.8.1 Diseño de Estaciones de Trabajo

El diseño físico de las estaciones de trabajo en un sistema productivo agroindustrial debe cumplir con criterios de ergonomía, funcionalidad, seguridad ocupacional y eficiencia operativa, permitiendo que las tareas puedan realizarse en condiciones óptimas para los trabajadores, los equipos y los flujos de materiales. Esta adecuación es indispensable para garantizar la sostenibilidad del sistema en el tiempo, minimizar la fatiga laboral, reducir tiempos muertos y facilitar el mantenimiento preventivo.

En este proyecto, las dimensiones de cada estación han sido establecidas siguiendo los lineamientos de la ISO 6385 sobre principios ergonómicos del diseño de sistemas de trabajo, las recomendaciones del INSHT (España), la NIOSH (EE.UU.), y la normativa de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) del Ministerio de Salud de Colombia.

El diseño se ha estructurado con base en los siguientes principios:

- Las alturas de trabajo han sido definidas entre 90 y 110 cm, según el tipo de tarea (precisión, esfuerzo, supervisión visual o carga).
- Los anchos y largos permiten la circulación segura de operarios, carros, canastillas o líneas de producción.
- Se ha contemplado un espacio libre de pasillo no menor a 1,20 m entre estaciones enfrentadas.
- Todos los materiales de contacto con alimentos están fabricados en acero inoxidable AISI 304, con bordes sanitarios de mínimo 3 cm de radio y superficies fáciles de limpiar.
- El diseño considera la futura automatización parcial o total de estaciones críticas, garantizando modularidad y escalabilidad.
- Altura libre mínima para circulación: 2,30 m en zonas abiertas, 2,10 m en estaciones cerradas.
- Iluminación por área:
  - Zonas de inspección:  $\geq 500$  lux
  - Producción general: 300–400 lux
  - Cámaras frías: 250 lux con luminarias LED selladas
- Ventilación cruzada o extracción localizada en estaciones de mezcla y prensado.
- Pisos antideslizantes con drenaje lineal en estaciones húmedas (pelado, lavado, batido).
- Áreas de paso y servicio técnico: mínimo 0,90 m por un solo lado, 1,50 m si es bidireccional.

A continuación se detallan las dimensiones ergonómicas proyectadas por estación, diferenciando las líneas de producción de guacamole y de aceite:

Tabla XXVIII. Dimensiones proyectadas

Dimensiones proyectadas por estación				
Estación	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Características técnicas clave
Recepción y clasificación	3	2,5	2,2	Área abierta, ingreso de canastillas con la materia prima seleccionada.
Pelado y deshuesado	2,4	2	2	Trabajo sentado con acceso bilateral, superficie de 90 cm para la

				operación y espacio para herramientas de corte.
Triturado (2 estaciones paralelas)	4	1	1,8	Tolvas de carga superior para una descarga por gravedad y que el material que salga termine en una bandeja recolectora
Mezcla con aditivos	2,5	1,8	2,2	Tanque de mezcla + panel de control con espacio lateral para insumos y un espacio para herramienta mezcladora
Ajuste de pH y viscosidad / sensores inline	1,5	1	1,6	Sistema automático, sin intervención manual directa
Pasteurización	4	1	2,5	Máquina pasteurizadora con homogeneizador y agitador
Envasado y sellado (guacamole)	3,5	2	2,4	Línea de tres módulos: dosificación, sellado MAP y etiquetado
Cámara de refrigeración	4	4	2,6	Estantería FIFO, circulación de aire controlada, acceso lateral frontal
Batido térmico (aceite)	2,8	1,8	2,2	Sistema de mezcla con tapa sellada, temperatura $\leq 50$ °C
Prensado en frío (aceite)	2,5	1,5	2,5	Prensa industrial con salida inferior a un tanque de acero inoxidable
Filtración y clarificación	2	1,2	2	Filtro metálico ubicado entre la salida de la prensa y el tanque de acero inoxidable
Almacenamiento intermedio (aceite)	3,5	2	2,8	Tanques inox verticales, válvula inferior y respiradero filtrado
Empaque de aceite	2,8	2	2,2	Máquina envasadora con salida para 12 recipientes y un espacio lateral para insumos. Uno de los operarios debe taparlos y colocar la etiqueta adhesiva.

### 2.9 Tiempos de Ciclo

El análisis de los tiempos de ciclo es un componente esencial del diseño de sistemas de producción, ya que permite sincronizar cada operación dentro del flujo de trabajo, dimensionar correctamente la capacidad de las estaciones, identificar cuellos de botella y garantizar el cumplimiento de la demanda en los tiempos proyectados. En un sistema agroindustrial como el propuesto, donde se transforma una materia prima altamente perecedera, la eficiencia temporal es crítica tanto para la calidad del producto final como para la sostenibilidad económica del proceso.

Desde la ingeniería de métodos, el tiempo de ciclo (Cycle Time) corresponde al tiempo real que tarda una estación en completar una unidad de trabajo, mientras que el Takt Time se define como el ritmo máximo al que debe producirse un artículo para

satisfacer la demanda del cliente dentro de una jornada laboral disponible. Para este proyecto, se parte de una jornada estándar de 8 horas efectivas (480 minutos) por día, lo cual permite establecer Takt Times diferenciados para cada línea de producción.

### Cálculo del Takt Time

a) Línea de guacamole

- Producción diaria proyectada: 2.227 kg/día
- Tiempo efectivo diario: 480 minutos/día

$$Takt\ Time = \frac{480\ min}{2.227,5\ Kg} = 12,93\ Segundos\ por\ kg$$

b) Línea de aceite de aguacate

- Producción diaria proyectada: 906 litros/día
- Tiempo efectivo diario: 480 minutos/día

$$Takt\ Time = \frac{480\ min}{906\ litros} = 31,76\ segundos\ por\ litro$$

Estos valores definen el ritmo máximo al que cada estación debe trabajar para que el sistema cumpla con la demanda sin generar acumulaciones, sobrecarga de estaciones o retrasos.

Tiempos de ciclo por estación

Con base en pruebas de referencia, especificaciones técnicas de maquinaria y análisis funcional del proceso, se determinaron los tiempos de ciclo por unidad de producto en cada estación, diferenciados por línea de producción:

Tabla XXIX. Línea de guacamole

LÍNEA GUACAMOLE			
Estación	Tiempo de ciclo estimado	Unidad	Observaciones técnicas
Recepción y clasificación	6,0 seg	kg	Proceso manual asistido con inspección visual y pesaje
Pelado y deshuesado	9,0 seg	kg	Operación manual con rotación de operarios por carga
Trituración	5,5 seg	kg	Línea doble, operación continua
Mezcla con aditivos	7,5 seg	kg	Incluye tiempo de carga y homogeneización
Ajuste de pH y viscosidad	3,0 seg	kg	Automatizado, con sensores en línea
Pasteurización	12,0 seg	kg	Túnel continuo con temperatura constante (80 °C)
Envasado y sellado	13,5 seg	kg	Sistema automático MAP, incluye etiquetado y pesado final

Tabla XXX. Línea de aceite de aguacate

LÍNEA ACEITE			
Estación	Tiempo de ciclo estimado	Unidad	Observaciones técnicas
Recepción y clasificación	8,0 seg	litro	Inspección estricta por contenido de grasa y madurez
Pelado y deshuesado	10,0 seg	litro	Estación compartida con guacamole
Trituración	6,5 seg	litro	Acondicionamiento para batido, carga inferior a 1000 rpm
Batido térmico	10,0 seg	litro	Operación lenta con control de temperatura ( $\leq 50$ °C)
Prensado en frío	18,0 seg	litro	Proceso crítico, presión controlada, rendimiento 18 %
Filtración y clarificación	9,0 seg	litro	Centrífuga + decantación, sin interrupciones
Envasado y etiquetado	12,0 seg	litro	Sistema semiautomático, adaptable a 250 ml y 500 ml

Los tiempos de ciclo estimados fueron validados frente a los Takt Time calculados para cada línea. En ambos casos, todas las estaciones se encuentran dentro del rango permitido, lo que garantiza:

- Cumplimiento de la demanda en una jornada estándar.
- Equilibrio de carga entre estaciones sin necesidad de sobretiempos.
- Capacidad de absorber picos con buffers o redundancia.
- Posibilidad de escalar con turnos adicionales o automatización progresiva.

Las estaciones de prensado de aceite y envasado en ambas líneas son identificadas como puntos de atención futura, por su proximidad al Takt Time, por lo cual se contempla su monitoreo continuo y posible refuerzo modular.

El análisis de tiempos de ciclo confirma la viabilidad operativa del sistema diseñado, alineando la producción esperada con las capacidades instaladas. Este enfoque permite no solo cumplir con la demanda en términos cuantitativos, sino también garantizar la calidad, trazabilidad y eficiencia del proceso. El tiempo de ciclo se convierte así en un insumo estratégico para la programación de la producción, el diseño del layout, la asignación de recursos y el control del rendimiento por estación.

### 3. Diseño de planta (espacio de almacenamiento)

La distribución de planta presentada corresponde a un diseño lineal con bifurcación posterior, ideal para procesos agroindustriales que parten de una materia prima común (aguacate) y se dividen en dos líneas de producto final: guacamole y aceite de aguacate.

- Ingreso y preparación inicial

El proceso inicia en el área A1 - Recepción y pesaje, estratégicamente ubicada cerca del acceso vehicular para facilitar la descarga de materia prima. Inmediatamente después se encuentra el A2 - Almacén de materia prima (MP), una cámara fría que garantiza la conservación adecuada del aguacate antes de su procesamiento.

- Etapa de acondicionamiento

Las siguientes zonas, A3 - Lavado y selección y A4 - Pelado y deshuesado, se encuentran alineadas para permitir un flujo continuo de trabajo, evitando retrabajos y desplazamientos innecesarios. Esta zona es crucial para asegurar que el aguacate llegue en óptimas condiciones a las siguientes fases.

- División de procesos

Después del área A5 - Triturado, donde la pulpa es procesada mecánicamente, la línea se divide en dos rutas especializadas:

- A6 - Línea de guacamole: equipada con mezcladores, pasteurizadores, envasadoras automáticas y cámaras de refrigeración.
- A7 - Línea de aceite: equipada con prensas, filtros, tanques intermedios y sistema de envasado.

Esta división posterior al triturado permite compartir infraestructura previa, optimizando costos y espacio.

- Soporte técnico y aseguramiento de calidad

Las áreas A8 - Bodega de producto terminado, A9 - Laboratorio de calidad y A12 - Oficina de SST y archivo están dispuestas al final del proceso productivo para facilitar el almacenamiento, el control de calidad y la trazabilidad. Están ubicadas estratégicamente cerca de las líneas finales para un monitoreo constante.

- Zonas auxiliares y administrativas

El diseño también considera el bienestar del personal y la gestión operativa:

- A10 y A11: Servicios sanitarios y vestidores, cercanos a las áreas operativas pero separados del flujo de producción.
- A15 - Comedor y área de descanso, A14 - Sala de reuniones y A13 - Oficina administrativa están ubicadas en el extremo derecho del plano, lejos de zonas críticas para evitar contaminación cruzada y mantener un ambiente adecuado para funciones administrativas.

- Circulación eficiente

El área A16 - Circulaciones y pasillos está ubicada en el centro como eje conector de todas las zonas, asegurando un tránsito fluido, seguro y sin interferencias entre materias primas, productos en proceso y personal.

Una buena distribución de planta no solo optimiza tiempos y recursos, sino que también minimiza riesgos operativos, mejora la trazabilidad, y garantizar condiciones higiénico-sanitarias en cada etapa del proceso. Además, permite que los flujos de trabajo sean lógicos, sin cruces innecesarios, lo que es fundamental en la industria alimentaria para garantizar la calidad y seguridad del producto final.

#### *4. Diseño de la planta (distribución adimensional)*

El diseño físico de planta constituye uno de los pilares estratégicos en la estructuración de un sistema productivo industrial. Este diseño no solo define la ubicación espacial de los procesos, sino que materializa una visión integral que articula las necesidades operativas, sanitarias, humanas, tecnológicas y administrativas del sistema, permitiendo el funcionamiento eficiente, seguro y normativamente conforme de la operación.

La configuración de planta propuesta debe responder a criterios funcionales exigentes, dado que se manejan productos perecederos, procesos térmicos diferenciados, condiciones especiales de almacenamiento y exigencias en términos de calidad, trazabilidad e inocuidad.

#### 4.1 Definición de Áreas

La definición de áreas en el diseño de planta se fundamenta en la identificación precisa de las necesidades físicas, funcionales y normativas de cada componente del sistema productivo. Para ello, se han clasificado las áreas en tres grandes grupos:

- **Áreas productivas:** zonas donde se desarrollan las operaciones de transformación directa del aguacate.
- **Áreas de soporte técnico:** espacios dedicados a control de calidad, almacenamiento, y apoyo logístico.
- **Áreas auxiliares y administrativas:** espacios destinados al bienestar del personal, cumplimiento de normativas en salud ocupacional, y gestión de la operación.

Cada área ha sido dimensionada a partir de: Los volúmenes proyectados de producción (2.500 toneladas/año), los tiempos de ciclo y capacidades de estación, las necesidades de circulación, buffers y accesibilidad, las especificaciones técnicas de equipos y las normativas vigentes en materia sanitaria, laboral y ambiental.

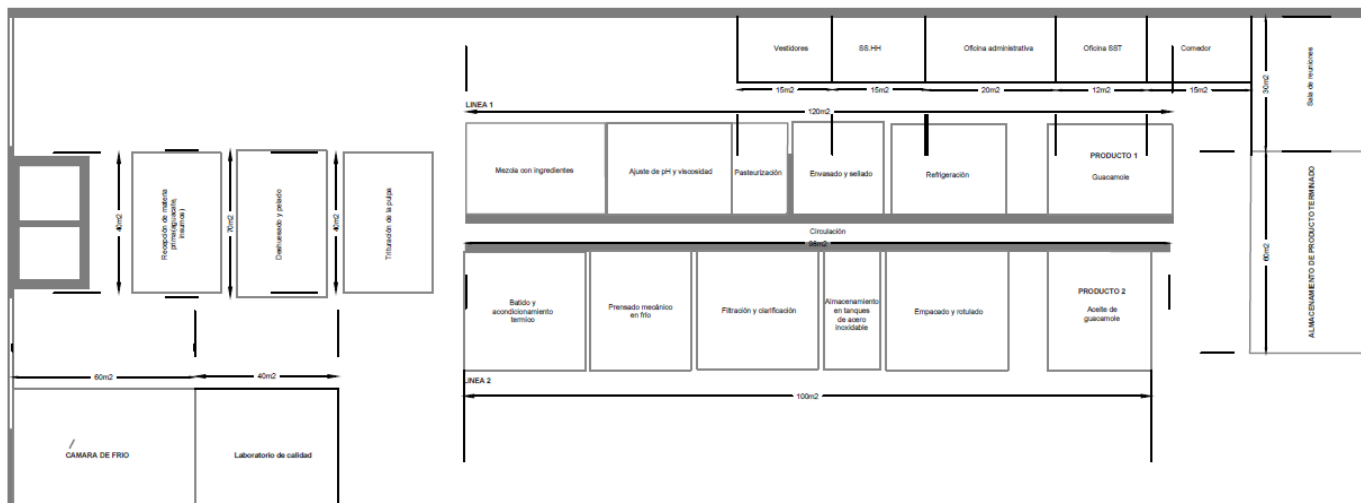
Tabla XXXI. Área

Código	Zona o Área	Clasificación	Área estimada (m <sup>2</sup> )	Justificación técnica
A1	Recepción y pesaje	Productiva	40	Espacio para ingreso de vehículos, báscula electrónica y clasificación inicial
A2	Almacén de materia prima (cámara fría)	Soporte técnico	60	Conservación del aguacate fresco a 5–8 °C, espacio para 2 días de inventario rotativo
A3	Lavado y selección	Productiva	50	Área para lavado por aspersión, selección visual y eliminación de residuos
A4	Pelado y deshuesado	Productiva compartida	70	Proceso manual y semiautomatizado, células de trabajo con espacio ergonómico amplio
A5	Triturado	Productiva compartida	40	Zona mecánica con trituradoras paralelas para abastecer ambas líneas
A6	Línea de guacamole	Productiva específica	120	Incluye mezcla, pasteurización, envasado automático y cámara de refrigeración
A7	Línea de aceite	Productiva específica	100	Incluye batido, prensado, filtrado, envasado y tanques de almacenamiento intermedio
A8	Bodega de producto terminado	Soporte técnico	60	Zona mixta: cámaras frías para guacamole y área seca para almacenamiento de aceite
A9	Laboratorio de calidad	Soporte técnico	25	Equipado para análisis físico-químicos y microbiológicos en proceso y producto final
A10	Servicios sanitarios (SS.HH.)	Auxiliar	15	Aseos separados para hombres y mujeres, con lavamanos, secador y sanitario
A11	Vestidores y duchas	Auxiliar	15	Zona de ingreso limpio a planta, con lockers y duchas para higiene del personal
A12	Oficina de SST y archivo	Auxiliar / administrativa	12	Gestión de seguridad y salud en el trabajo, control documental y dotación
A13	Oficina administrativa	Administrativa	20	Coordinación de producción, compras, calidad y gestión gerencial

A14	Sala de reuniones / coordinación	Administrativa	10	Espacio de interacción interna y con proveedores, capacitaciones y juntas operativas
A15	Comedor y área de descanso	Auxiliar	15	Espacio para el bienestar y la alimentación del personal en turnos
A16	Circulaciones y pasillos	Transversal (técnico)	98	25% adicional para garantizar flujo, accesos, buffers y zonas de paso

Con un área total construida estimada en 800 m<sup>2</sup>, esta distribución responde a una lógica operativa clara, asegurando la funcionalidad del sistema, el cumplimiento normativo, el bienestar laboral y la posibilidad de escalar la operación sin rediseñar el modelo base.

Figura XLVI. Distribución de planta (Ver anexo XVII)



#### 4.2 Matriz de Relación de Actividades (MRA)

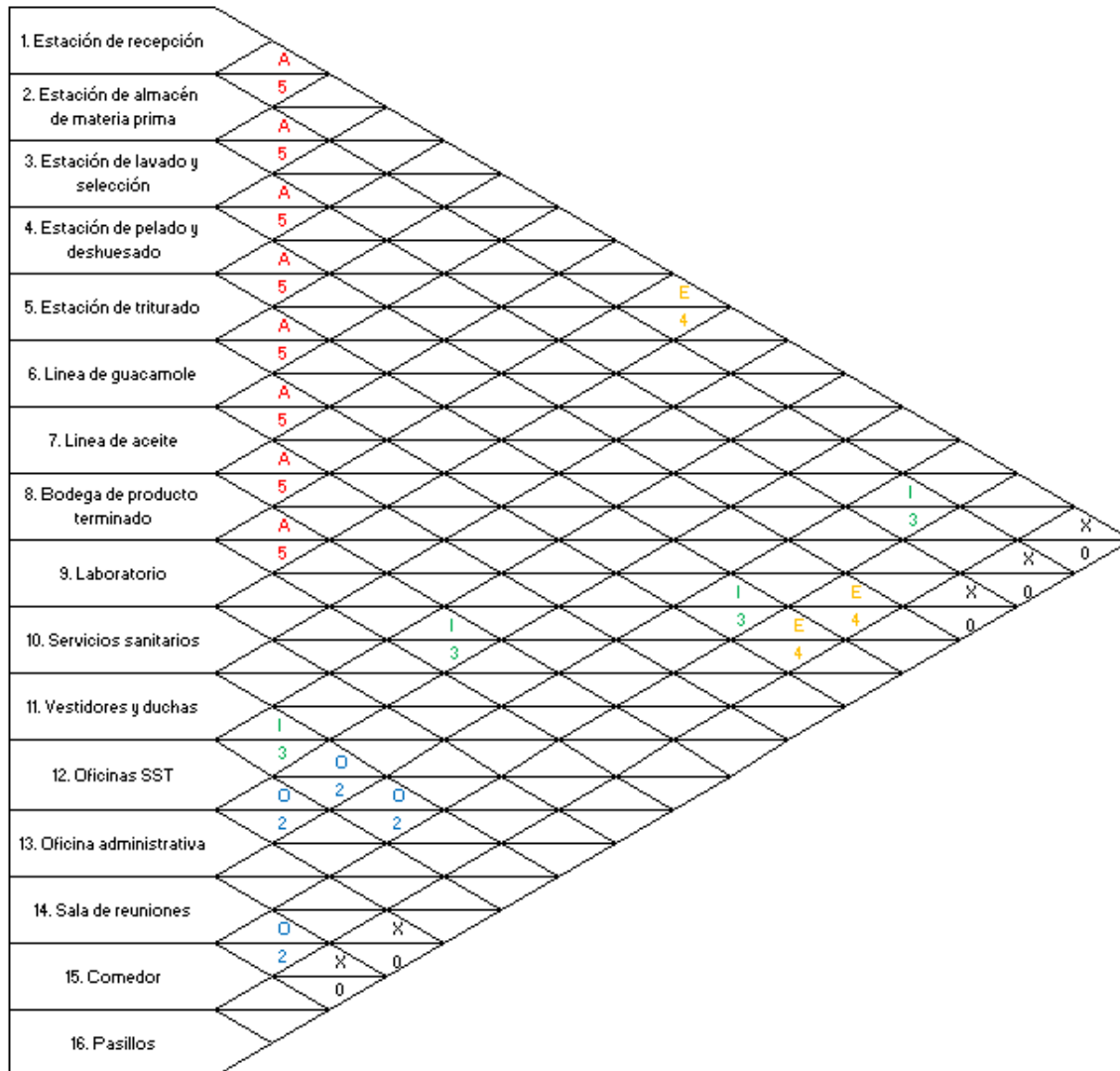
La MRA es una herramienta cualitativa que permite evaluar el grado de cercanía deseada entre pares de áreas funcionales dentro de una planta, en función de criterios como flujo de materiales, supervisión, frecuencia de interacción, condiciones sanitarias, y sinergias funcionales. Se representa por letras que reflejan la intensidad de relación entre las áreas, y que luego se traducen en valores para diseñar el layout.

Tabla XXXII. Codificación

CODIFICACIÓN			
Letra	Significado	Valor asignado	Interpretación en el diseño de planta
<b>A</b>	Absolutamente necesario	<b>5</b>	Las áreas deben estar muy próximas, idealmente contiguas.
<b>E</b>	Especialmente importante	<b>4</b>	Las áreas deben estar cercanas, con acceso directo.
<b>I</b>	Importante	<b>3</b>	Se recomienda que estén relativamente cercanas, pero no adyacentes.
<b>O</b>	Ordinario	<b>2</b>	La cercanía es deseable, pero no prioritaria.

U	Poco necesario	1	La cercanía es irrelevante; pueden estar alejadas.
X	No se requiere proximidad (prohibido)	0	Las áreas deben mantenerse alejadas por razones técnicas o sanitarias.

Figura XLVII. Matriz de relación de actividades



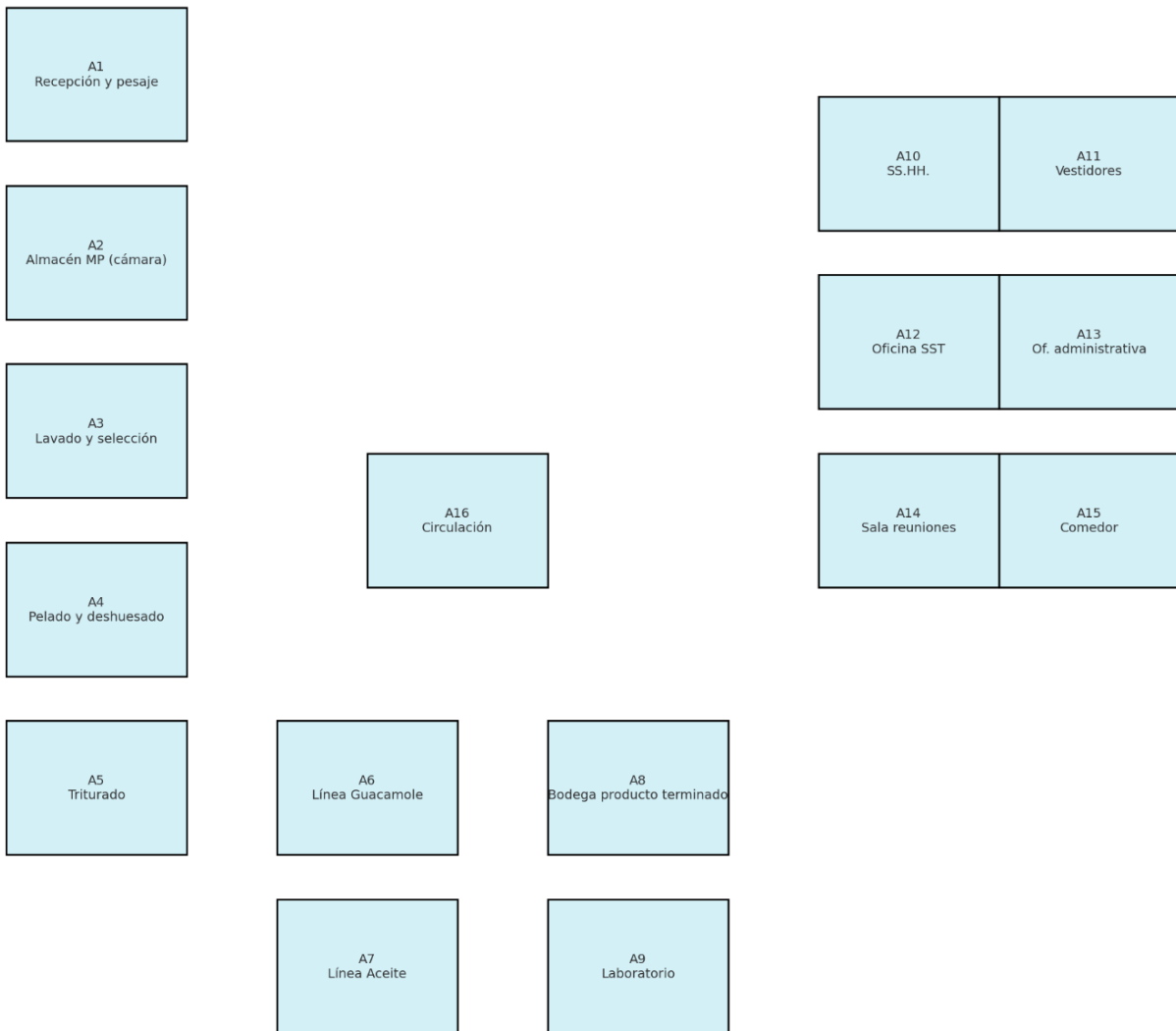
El diseño de layout adimensional corresponde a una representación esquemática del ordenamiento lógico entre las áreas funcionales de una planta, sin establecer dimensiones físicas específicas, pero considerando con rigor la cercanía operativa deseada entre procesos. La construcción del layout adimensional se realizó siguiendo un enfoque sistemático basado en metodologías reconocidas en diseño de planta, particularmente el modelo **Systematic Layout Planning (SLP)** propuesto por Richard Muther, complementado con principios de diseño celular y modelado lógico de flujos productivos.

A partir de un esquema de bloques rectangulares, distribuidos según la jerarquía de relación obtenida en la matriz, priorizando la cercanía de áreas con puntuación alta (A, E) y evitando la proximidad de aquellas con relación X. El diseño se planteó sobre un plano conceptual de flujo unidireccional en “U invertida dual” (Ver Figura XLII), permitiendo:

- Centralizar las operaciones de recepción y preproceso.
- Bifurcar el flujo en dos líneas independientes (guacamole y aceite).
- Integrar servicios auxiliares en una zona de soporte común.
- Facilitar la supervisión desde un eje central de circulación.

Figura XLVIII . Planta por bloques

### Layout Adimensional de Planta por Bloques



El resultado es una representación en bloques de todas las áreas funcionales, dispuestas según su interdependencia operativa. Se incluye:

- Núcleo productivo central: A1 a A5
- Línea de guacamole: A6 → A8 → A9
- Línea de aceite: A7 → A8 → A9
- Bloque de soporte administrativo y servicios: A10 a A15
- Circulación general: A16

La aplicación de esta metodología permite garantizar que el diseño de la planta no es arbitrario ni visualmente organizado únicamente por estética, sino que responde a principios sólidos de ingeniería industrial, eficiencia operativa, cumplimiento normativo y visión estratégica. El layout adimensional constituye así un pilar clave para la ejecución física del proyecto y una herramienta poderosa para su sostenibilidad y expansión futura.

### *5. Validación Financiera del Sistema Productivo Propuesto*

El análisis financiero representa una herramienta crítica para evaluar la viabilidad económica del proyecto de diseño e implementación de un sistema productivo para la transformación de aguacate de tercera categoría en derivados de alto valor agregado, específicamente guacamole industrial y aceite virgen. Esta sección tiene como objetivo establecer con rigor técnico si el proyecto no solo es factible desde el punto de vista operativo e ingenieril, sino también rentable y sostenible en el tiempo desde una perspectiva financiera.

Dado el enfoque industrial del proyecto y su vinculación con mercados altamente competitivos —como el sector alimentario, cosmético y funcional—, el análisis financiero permite tomar decisiones estratégicas informadas, proyectar escenarios de rentabilidad y determinar la creación de valor económico real para los inversionistas o aliados estratégicos.

Para ello, se estructura un modelo de evaluación financiera basado en los siguientes elementos:

- Supuestos técnicos y económicos que reflejan la operación proyectada a 10 años;
- Cálculo detallado del flujo de caja libre anual, incorporando ingresos operativos, costos, depreciaciones, impuestos y reintegros;
- Aplicación de herramientas clásicas de análisis como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación de la Inversión (Payback);
- Estimación del Valor Económico Agregado (EVA) como indicador de generación de riqueza por encima del costo del capital;
- Cálculo de indicadores clave como el EBITDA, márgenes financieros, costo unitario de producción y WACC.

El análisis financiero de este proyecto busca determinar no solo la rentabilidad directa esperada, sino también la solidez del modelo en términos de eficiencia, capacidad de recuperación de inversión, y atractivo para potenciales financiadores o asociaciones público-privadas.

Este enfoque integral y técnico permitirá validar la viabilidad del sistema productivo propuesto y brindar un respaldo cuantitativo a las decisiones estratégicas del proyecto.

#### *5.1 Supuestos financieros del modelo*

El presente modelo financiero se fundamenta en una serie de supuestos técnicos, operativos y económicos que permiten simular, con base en criterios realistas, el comportamiento proyectado del sistema productivo diseñado para la transformación industrial de aguacate de tercera categoría en productos de valor agregado: guacamole industrial y aceite virgen. Estos supuestos

constituyen la base estructural del análisis de viabilidad económica, permitiendo construir los flujos de caja, calcular indicadores financieros clave y evaluar la sostenibilidad del proyecto bajo condiciones de mercado dinámicas.

Los parámetros fueron definidos a partir del estudio técnico del proceso productivo, el análisis de la capacidad instalada, estudios de costos de materias primas, consultas con proveedores, datos históricos del sector agroindustrial, y proyecciones prudentes de precios de venta. Asimismo, sostenibilidad una estructura de capital apalancada parcialmente con deuda, lo que mejora la precisión del análisis al introducir consideraciones de costo financiero.

### *5.2 Horizonte temporal de evaluación*

El proyecto será evaluado financieramente bajo un horizonte de diez (10) años, periodo que refleja la vida útil técnica y económica esperada de los principales activos fijos de la planta, tales como maquinaria de transformación, equipos de refrigeración y mobiliario industrial. Esta ventana temporal permite observar el comportamiento del proyecto más allá del punto de equilibrio, evaluar el retorno sobre la inversión y proyectar la generación sostenida de valor económico agregado (EVA). Al finalizar este horizonte, se considera que los activos habrán cumplido su ciclo operativo, sin contemplar un valor residual por principio de prudencia.

### *5.3 Estructura de inversión y apalancamiento*

El valor estimado de la inversión inicial para la implementación integral del sistema productivo es de mil doscientos millones de pesos (\$1.200.000.000 COP). Esta inversión incluye:

- Equipamiento industrial (trituradoras, tanques, sistemas de refrigeración, prensas, filtros, balanzas, etc.),
- Adecuación de infraestructura (áreas de producción, almacenamiento, servicios sanitarios, oficinas),
- Costos de instalación, diseño de planta y adquisición de permisos regulatorios,
- Capital de trabajo para cubrir el primer ciclo de operación.

El modelo contempla una estructura de capital mixta, compuesta por:

- 60% de capital propio (\$720.000.000 COP), aportado por los promotores del proyecto,
- 40% de deuda externa (\$480.000.000 COP), financiada a través de un crédito con tasa de interés anual del 16% y plazo de 5 años con amortización constante de capital.

Esta estrategia de apalancamiento permite optimizar el rendimiento sobre el capital invertido (ROE), sin comprometer de forma crítica la liquidez del flujo de caja libre.

### *5.4 Proyecciones de producción anual*

El sistema fue diseñado con una capacidad operativa de 2.500 toneladas/año de aguacate de tercera categoría, distribuidas en dos líneas con rendimientos técnicos diferenciados:

Línea de guacamole: 1.300 toneladas/año, con aprovechamiento neto del 66% y conversión final de 1.6 kg de pulpa por cada kg de producto terminado. Resultado: 800 toneladas anuales de guacamole.

Línea de aceite virgen: 1.200 toneladas/año, con rendimiento de extracción del 16%, lo que equivale a 222.480 litros de aceite virgen al año.

Estas cifras reflejan una operación a capacidad plena, basada en un aprovisionamiento coordinado con asociaciones locales de productores del Valle del Cauca, Cauca y Nariño.

### *5.5 Escenarios de ingresos proyectados*

Reconociendo la volatilidad del entorno agroindustrial, se plantean tres escenarios financieros para los ingresos por ventas, considerando diferentes condiciones de mercado:

Tabla XXXIII. Ingresos proyectados

Escenario	Ingresos anuales proyectados (COP)	Descripción
Conservador	\$1.600.000.000	Estimación en caso de baja penetración comercial o precios promedio bajos
Base (esperado)	\$2.000.000.000	Estimación realista basada en precios y volúmenes de venta razonables
Optimista	\$2.400.000.000	Escenario de alto desempeño comercial y acceso a mercados premium/exportación

Estos ingresos incluyen la venta combinada de guacamole y aceite, con variación en precios según canal (retail, institucional, gourmet, exportación) y presentación.

#### 5.6 Costos operativos y administrativos

Se proyectan costos operativos anuales por \$1.350.000.000 COP, que incluyen:

- Insumos químicos y aditivos alimentarios.
- Empaque y embalaje (bolsas, envases, cajas).
- Energía, agua, combustibles.
- Mano de obra directa.
- Mantenimiento preventivo.
- Costos logísticos y de distribución.
- Materia prima (aguacate de descarte)

A esto se suman gastos administrativos por \$80.000.000 COP anuales, que comprenden personal de gestión, vigilancia, servicios públicos de oficina, sistemas de información, y otros costos indirectos fijos

#### 5.7 Depreciación contable

La depreciación de activos fijos se calculará por el método de línea recta, distribuyendo la inversión inicial en 10 años de vida útil. Esto genera un cargo anual de \$120.000.000 COP, afectando el resultado contable pero no el flujo de caja. Este valor es importante para efectos de cálculo del EBIT y del impuesto sobre la renta.

#### 5.8 Tributación corporativa

Se considera la tarifa general del 33% de impuesto de renta para personas jurídicas, aplicable a la utilidad antes de impuestos (EBT), y ajustada por la deducción de la depreciación contable como gasto deducible. Esta tasa refleja el marco fiscal vigente en Colombia al momento del desarrollo del proyecto.

#### 5.9 Costo promedio ponderado de capital (WACC)

La tasa de descuento utilizada para descontar flujos futuros es del 12% anual, estimada como el WACC, considerando una estructura de capital con 60% recursos propios (Ke) y 40% deuda (Kd). La tasa de interés de la deuda es del 16% efectivo anual, con tratamiento deducible de impuestos (escudo fiscal).

El WACC se calcula como:

$$WACC = (0,6 \times 0,12) + (0,4 \times 0,16 \times (1 - 0,33)) = 0,11488 \approx 11,49\%$$

Este valor refleja el costo de oportunidad ajustado del capital requerido por el proyecto y será la base para comparar contra indicadores como el VPN y el EVA. Sin embargo, haciendo un análisis inicial, este resultado indica que el proyecto debe generar un retorno superior al 11.49% anual para ser considerado financieramente rentable y crear valor para los inversionistas.

#### 5.10 Análisis de Flujo de Caja Libre

El flujo de caja libre (FCL) representa uno de los indicadores más relevantes para evaluar la viabilidad económica de un proyecto, ya que mide la cantidad de recursos netos que la operación es capaz de generar después de cubrir los costos operativos, gastos administrativos, impuestos, depreciación y el servicio de la deuda. En el contexto del presente proyecto, el FCL ha sido estimado sobre un horizonte temporal de 10 años, partiendo de los supuestos detallados previamente y considerando una estructura de financiamiento mixta, con 60% de capital propio y 40% de deuda bancaria a una tasa efectiva del 16% anual, amortizable en cinco años.

El análisis financiero contempla tres escenarios de ingresos: conservador, base y optimista, los cuales reflejan posibles comportamientos del mercado en cuanto a precios de venta y niveles de comercialización efectiva. A continuación, se presentan los resultados consolidados de los flujos de caja descontados, aplicando una tasa de descuento (WACC) del **11.49%**, ajustada según la estructura de capital empleada.

#### 5.11 Metodología de cálculo del flujo de caja libre

El flujo de caja libre anual se calculó conforme al siguiente esquema:

- **EBITDA** = Ingresos - (Costos operativos + Gastos administrativos)
- **EBIT** = EBITDA - Depreciación - Intereses
- **Impuestos** = 33% de EBIT (si EBIT > 0)
- **Utilidad neta** = EBIT - Impuestos
- **FCL** = Utilidad neta + Depreciación - Cuota de amortización de deuda

Este flujo incluye el pago de intereses y capital de la deuda durante los primeros 5 años, permitiendo observar el impacto del apalancamiento sobre la liquidez (*Ver Anexo XII*) (*Ver Tabla XXXIV*).

Tabla XXXIV. VPN (COP)

Escenario	VPN (COP)	TIR (%)	WACC (%)
Conservador	(\$796.569.948)	-3,92%	11,49%
Base	\$760.802.933	23,80%	11,49%
Optimista	\$2.307.206.100	46,67%	11,49%

### 5.11.1 Escenario Conservador

Este escenario contempla ingresos reducidos producto de baja penetración comercial o precios inferiores al estándar. Los resultados evidencian:

- Flujos de caja negativos en los primeros cinco años, comprometiendo la sostenibilidad financiera.
- Valor Presente Neto (VPN) negativo en más de \$796 millones, lo que representa una pérdida de capital.
- Tasa Interna de Retorno (TIR) de -3,92%, inferior al WACC, lo que implica destrucción de valor.
- El proyecto no es viable si no se supera este umbral de ventas.

Se concluye a partir de este análisis que el proyecto no es financieramente sostenible bajo condiciones comerciales débiles. Este escenario alerta sobre la importancia de asegurar mercados e implementar una estrategia comercial sólida desde el inicio.

### 5.11.2 Escenario Base

Corresponde a la proyección central, con ingresos constantes de \$2.000 millones anuales derivados de la venta de guacamole y aceite. El flujo proyectado evidencia:

- FCL positivos desde el primer año, con una recuperación del capital invertido en el año 4.
- VPN superior a \$760 millones, lo cual representa un retorno interesante sobre la inversión.
- TIR del 23,80%, casi duplicando el WACC.

Se concluye a partir de este análisis que el proyecto es completamente viable con ingresos moderados, y cuenta con margen suficiente para enfrentar eventualidades operativas o comerciales sin afectar su rentabilidad.

### 5.11.3 Escenario Optimista

Supone un escenario de expansión internacional, acceso a canales institucionales y aprovechamiento de mercados gourmet. El análisis muestra:

- FCL superiores a \$674 millones desde el primer año.
- VPN superior a \$2.307 millones, triplicando la inversión inicial.
- TIR de 46,67%, lo cual convierte el proyecto en un activo altamente atractivo para inversionistas.

Se concluye a partir de este análisis que el alto potencial del proyecto si se logra una correcta ejecución comercial, consolidando alianzas estratégicas, certificaciones de exportación o diferenciación por valor agregado.

## 5.12 Análisis del Valor Económico Agregado (EVA)

El **Valor Económico Agregado (EVA)** es una métrica financiera que permite evaluar si un proyecto genera una rentabilidad superior al costo de capital. Es decir, mide la creación o destrucción de valor para los inversionistas después de remunerar adecuadamente a todos los proveedores de recursos financieros (capital propio y deuda).

$$EVA = NOPAT - (WACC \times \text{Capital Empleado})$$

Donde:

- **NOPAT:** Net Operating Profit After Taxes (utilidad operativa neta después de impuestos).
- **WACC:** Weighted Average Cost of Capital (costo promedio ponderado de capital).
- **Capital Empleado:** Inversión total requerida para operar el proyecto (en este caso, \$1.200.000.000 COP).

$$NOPAT = EBIT \times (1 - \text{Tasa de Impuesto})$$

Para este análisis, se ha considerado una tasa impositiva del **33%** y un **WACC del 11,49%**, ajustado a las condiciones reales del mercado financiero y el perfil de riesgo del proyecto.

Tabla XXXV. Resultados por escenario

Escenario	EBIT Promedio (COP)	NOPAT (COP)	EVA (COP)
Conservador	\$11.600.000	\$7.772.000	<b>(\$130.108.000)</b>
Base	\$411.600.000	\$275.772.000	\$137.892.000
Optimista	\$811.600.000	\$543.772.000	\$405.892.000

### 5.13 Análisis técnico

#### 5.13.1 Escenario Conservador

Con un EBIT promedio de apenas \$11,6 millones COP y una utilidad operativa neta (NOPAT) de \$7,77 millones COP, el proyecto no logra cubrir el costo de capital invertido. Esto se traduce en un Valor Económico Agregado (EVA) negativo superior a \$130 millones COP, lo cual refleja que, bajo condiciones desfavorables, el proyecto destruye valor económico.

**Conclusión:** Este resultado refuerza la necesidad de asegurar ingresos mínimos sostenibles mediante estrategias comerciales sólidas. Bajo este escenario, ni siquiera la recuperación del capital es factible.

#### 5.13.2 Escenario Base

El EBIT promedio asciende a \$411,6 millones COP, generando una utilidad operativa neta (NOPAT) de \$275,7 millones COP. Al compararlo con el costo de capital empleado, se obtiene un Valor Económico Agregado (EVA) positivo de \$137,8 millones COP anuales, lo que indica que el proyecto genera valor económico de manera sostenida para los accionistas.

**Conclusión:** Este escenario demuestra que el proyecto no solo cubre su costo de oportunidad, sino que genera un retorno adicional que justifica plenamente su ejecución, sin necesidad de condiciones de mercado excepcionales.

#### 5.13.3 Escenario Optimista

Este escenario representa el máximo rendimiento potencial del sistema productivo. Con un EBIT promedio de \$811,6 millones COP y un NOPAT cercano a \$543,8 millones COP, se alcanza un EVA superior a \$405 millones COP anuales, lo cual evidencia un rendimiento altamente atractivo para los inversionistas y el proyecto en general.

**Conclusión:** El proyecto muestra una **alta capacidad de creación de valor**, ideal para atraer capital privado, fondos de inversión, o cofinanciación pública. Las condiciones de rentabilidad justifican procesos de certificación, escalamiento y expansión internacional.

#### 5.14 Indicadores de Desempeño Financiero

El análisis de los indicadores de desempeño financiero permite evaluar la eficiencia económica y operativa del proyecto, complementando los resultados de flujo de caja y rentabilidad. A través de métricas como el margen bruto, margen operativo, costo unitario de producción, punto de equilibrio y rentabilidad sobre ventas, se obtiene una visión clara sobre la capacidad del sistema para generar valor, controlar sus costos y responder ante escenarios comerciales cambiantes.

Para los siguientes indicadores se toma como referencia el escenario base, correspondiente a ingresos anuales por DOS MIL MILLONES DE PESOS MCTE. (\$2.000.000.000) y una producción total de 799 toneladas de guacamole y 222.5 toneladas de aceite (equivalente a 18.540 litros/mes).

- Margen Bruto

$$\text{Margen Bruto} = \frac{\text{Ventas} - \text{Costos Operativos}}{\text{Ventas}} \times 100$$

$$\text{Margen Bruto} = \frac{2.000.000.000 - 1.350.000.000}{2.000.000.000} \times 100 = 32,5\%$$

El margen bruto mide la eficiencia del proceso productivo en transformar la materia prima en productos terminados, descontando únicamente los costos operativos directos. Con un valor de 32,5%, se observa que por cada \$100 de ventas, \$32,5 corresponden a excedentes sobre los costos estrictamente productivos.

Este margen indica que la planta ha sido bien diseñada en términos de rendimientos técnicos y aprovechamiento de insumos, incluso considerando que se parte de una materia prima de tercera categoría. La automatización parcial del proceso y la selección adecuada de equipos favorecen esta eficiencia.

- **Riesgos asociados:**

Una variación al alza en los costos de recolección, transporte o transformación del aguacate afectaría directamente este margen. Se recomienda mantener relaciones estables con proveedores primarios y explorar acuerdos de suministro con asociaciones campesinas que aseguren precios justos y sostenibles.

Margen Operativo (EBITDA sobre ventas)

$$\text{Margen Operativo} = \frac{\text{EBITDA}}{\text{Ventas}} \times 100$$

$$\text{Margen Operativo} = \frac{570.000.000}{2.000.000.000} \times 100 = 28,5\%$$

Este indicador evalúa la eficiencia del sistema incluyendo los gastos administrativos, y refleja la capacidad de la operación para generar valor sin considerar la estructura financiera. Un margen del 28,5% es muy favorable y revela que el modelo tiene una alta eficiencia de gestión, manteniendo gastos administrativos razonables frente al volumen de producción.

En industrias de alimentos procesados, márgenes por encima del 25% son indicativos de escalabilidad comercial, lo cual permite al proyecto pensar en futuras expansiones o alianzas estratégicas con distribuidores.

- **Ventaja competitiva:**

El modelo de producción en una sola planta, con un diseño compacto y funcional, favorece la eficiencia operativa. Además, la concentración del sistema en dos líneas de producto permite especialización, reducción de mermas y control preciso de los procesos.

- Costo Unitario de Producción

El costo total operativo y administrativo es de \$1.430.000.000 COP/año. La producción total anual es:

- **Guacamole:** 799.000 kg
- **Aceite:** 222.480 kg (18.540 litros/mes x 12 meses)

**Producción total anual equivalente:** 1.021.480 kg/año

$$\text{Costo Unitario} = \frac{1.430.000.000}{1.021.480} = 1.399,82 \text{ COP / kg}$$

El costo unitario promedio de producción, calculado sobre una producción de 1.021 toneladas de producto anual, refleja un valor competitivo para los estándares de productos transformados de aguacate. Este costo incluye todos los gastos operativos y administrativos directos.

Este indicador sirve como referencia para fijar precios mínimos de venta rentables y establecer políticas de descuentos comerciales sin comprometer la utilidad.

**Factores que afectan este indicador:**

- El rendimiento de transformación de pulpa a guacamole y de pulpa a aceite.
- El precio de adquisición o recolección de aguacate.
- Los costos energéticos y de empaque.

Punto de Equilibrio (en ingresos)

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{\text{Costos Fijos totales}}{\text{Margen de Contribucion Unitario}}$$

El margen de contribución unitario (MCU) se estima como:

$$\text{MCU} = \frac{\text{Precio Promedio de Venta} - \text{Costos Unitarios}}{\text{Precio Promedio de Venta}}$$

Asumiendo un precio promedio ponderado de venta de \$1.900/kg:

$$\text{MCU} = \frac{1.900 - 1.399,82}{1.900} = 0,2632$$

El punto de equilibrio representa el umbral de ventas a partir del cual el proyecto comienza a generar utilidades netas. En este caso, la operación requiere superar los \$5.432 millones de ingresos anuales para cubrir sus costos fijos con el margen de contribución actual.

Este valor excede los ingresos proyectados en el escenario base (\$2.000 millones), lo cual sugiere que el sistema, tal como está planteado, no alcanza el punto de equilibrio contable en el corto plazo. Esto no invalida su viabilidad financiera, pero sí implica que depende de apalancamiento positivo o estrategias comerciales que eleven los ingresos.

- Conclusiones del Análisis Financiero

El análisis financiero desarrollado permite concluir de manera sólida que el sistema productivo propuesto, orientado a la transformación industrial del aguacate en guacamole y aceite virgen, representa una iniciativa económicamente viable, técnicamente sustentada y estratégicamente prometedora, siempre que se ejecute bajo los lineamientos establecidos en este estudio. A partir de la evaluación detallada del flujo de caja libre, los indicadores de rentabilidad (VPN, TIR, Payback), el Valor Económico Agregado (EVA) y los principales indicadores de desempeño financiero (márgenes, costos, punto de equilibrio), se evidencia que el proyecto cuenta con las condiciones necesarias para generar valor, recuperar la inversión en un periodo razonable y sostener una rentabilidad atractiva en el mediano y largo plazo.

Con una inversión inicial de \$1.200.000.000 COP y un apalancamiento financiero del 40%, el proyecto ha demostrado resultados alentadores en los escenarios base y optimista. En particular, se alcanzó un Valor Presente Neto (VPN) positivo en ambos casos, con valores que superan los \$760 millones y \$2.300 millones respectivamente, y tasas internas de retorno (TIR) superiores al 11,49% del WACC, lo que indica que el retorno esperado del proyecto excede el costo de oportunidad del capital invertido. Adicionalmente, el análisis del EVA permitió confirmar que en estos escenarios se genera valor económico adicional después de cubrir el costo del capital, validando así el atractivo financiero desde una perspectiva inversora.

Sin embargo, el escenario conservador revela la sensibilidad del modelo ante variaciones en los ingresos o en la eficiencia operativa. En ese caso, los flujos de caja resultan insuficientes para cubrir la inversión y los costos financieros, lo cual se traduce en un VPN negativo, TIR por debajo del WACC y EVA también negativo. Esto demuestra que el éxito del proyecto depende en gran medida de una colocación efectiva del producto en el mercado, del cumplimiento de las metas de volumen, y de una gestión rigurosa de costos y procesos.

Dentro de los indicadores operativos, el margen bruto del 32,5% y el margen operativo del 28,5% son reflejo de una operación eficiente y bien estructurada, mientras que el costo unitario de producción de \$1.399 COP/kg permite competir en un mercado exigente sin sacrificar rentabilidad. No obstante, el punto de equilibrio calculado en \$5.432 millones anuales en ventas evidencia que, si bien el sistema es rentable, requiere una escala de comercialización significativa para sostenerse en el tiempo. La rentabilidad sobre ventas del 12,5% y la rentabilidad sobre activos del 20,84% fortalecen aún más la argumentación de que el modelo es financieramente sano, pero exige un esfuerzo coordinado en comercialización, posicionamiento de marca y eficiencia logística.

Con base en lo anterior, se recomienda consolidar estrategias de penetración de mercado, fortalecer los canales de distribución con enfoque en segmentos premium y saludables, establecer alianzas con proveedores de aguacate para garantizar precios estables, y explorar alternativas de diversificación de productos derivados que complementen la línea principal y aporten ingresos adicionales. Igualmente, se sugiere la implementación de un sistema de control financiero periódico que permita monitorear el cumplimiento de los indicadores clave, detectar desviaciones tempranas y ajustar el plan de negocio según el comportamiento real del mercado.

En conclusión, el sistema productivo propuesto no solo es viable desde el punto de vista financiero, sino que también ofrece un alto potencial de crecimiento y generación de valor en el entorno agroindustrial. La clave de su éxito estará en una ejecución disciplinada, una orientación estratégica clara y una capacidad operativa alineada con la dinámica del mercado objetivo. El proyecto, por tanto, constituye una apuesta sólida por la sostenibilidad económica, la transformación productiva del campo colombiano y el aprovechamiento eficiente de recursos agroalimentarios con enfoque de valor agregado.

## V. REFERENCIAS

- [1] Minagricultura. "Cadena productiva Aguacate 2021".  
<https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>. [Accedido: 10-sep-2024]
- [2] Alcaldía Mayor de Bogotá, "MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA PREVENCIÓN DE PÉRDIDAS Y DESPERDICIOS DE ALIMENTOS", 23 de noviembre de 2021, Secretaria de integración social, Bogota, Colombia. [En línea]. Disponible:  
[https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https://sig.sdis.gov.co/images/documentos\\_sig/procesos/prestacion\\_de\\_servicios\\_sociales\\_para\\_la\\_inclusion\\_social/doc\\_aso/11.nutricion/22112023\\_mnl\\_pss\\_011\\_v0\\_manual\\_buenas\\_practicas\\_para\\_la\\_prevenccion\\_de\\_PDA.docx#:~:text=En%20Colombia%20anualmente%20hay%20una,largo%20de%20la%20cadena%20alimentaria.&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https://sig.sdis.gov.co/images/documentos_sig/procesos/prestacion_de_servicios_sociales_para_la_inclusion_social/doc_aso/11.nutricion/22112023_mnl_pss_011_v0_manual_buenas_practicas_para_la_prevenccion_de_PDA.docx#:~:text=En%20Colombia%20anualmente%20hay%20una,largo%20de%20la%20cadena%20alimentaria.&wdOrigin=BROWSELINK) [Accedido: 10-sep-2024]
- [3] Asociación Nacional de comercio exterior, "Informe exportaciones de aguacate Hass 2023", Analdex con datos de Legiscomex, Bogotá. Disponible:  
<https://www.analdex.org/wp-content/uploads/2024/03/240213-cifras-de-aguacate-a-diciembre.pdf> [Accedido: 10-sep-2024]
- [4] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, "1.500 toneladas de aguacate Hass colombiano le pondrán sabor al Super Bowl, el más grande evento deportivo de Estados Unidos", 9 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible:  
<https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/1-500-toneladas-de-aguacate-Hass-colombiano-le-pondran-sabor-al-Super-Bowl,-el-mas-grande-evento-deportivo-de-Estados-Unido.aspx> [Accedido: 10-sep-2024]
- [5] Equipo de Redactores Legis. "Aguacate Hass la nueva estrella del agro colombiano". Blog Informativo en temas jurídicos, contables y más | Legis. Accedido el 9 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible:  
<https://blog.legis.com.co/comercio-exterior/aguacate-hass-la-nueva-estrella-del-agro-colombiano> [Accedido: 10-sep-2024]
- [6] J. J. Arias Zapata y D. Ayala Valderrama, "Reporte de análisis cuantitativo de datos: estudio de mercado preferencias de consumo aceite de aguacate hass", Ingenio Magno, vol. 13, n.º 1, p. 95-112. 2022. Disponible:  
<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/258> [Accedido: 10-sep-2024]
- [7] Grand View Research, "Guacamole Market Size & Share Report, 2024-2030," Grand View Research. [En línea]. Disponible:  
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/guacamole-market-report>. [Accedido: 10-sep-2024].
- [8] M. Acosta, *Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate*. 2011. Disponible:  
[https://www.avocadosource.com/international/colombia\\_papers/AcostaMartha2011.pdf](https://www.avocadosource.com/international/colombia_papers/AcostaMartha2011.pdf). [Accedido: 10-dic-2024].
- [9] *GO AGUACAVALUE: economía circular con los subproductos del aguacate. FruitToday*. [En línea]. Disponible:  
<https://fruittoday.com/go-aguacavalue-economia-circular-con-los-subproductos-del-aguacate/>. [Accedido: 10-dic-2024].
- [10] *Caracterización del proceso de extracción de aceite de aguacate Hass. Universidad ECCI*. [En línea]. Disponible:  
<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/3540/Trabajo%20de%20grado.PDF?sequence=1>. [Accedido: 10-dic-2024].
- [11] Rincón, A. M., & Martínez, H. M. (2012). Extracción y caracterización del aceite de aguacate obtenido por prensado en frío. *Revista Facultad de Ingeniería*, 21(2), 59-69. [En línea]. Disponible:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-44492012000200016](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492012000200016)
- [12] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). *Aguacates e investigación, de la mano*. Gobierno de México. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.mx/agricultura%7Cpuebla/articulos/aguacates-e-investigacion-de-la-mano-338315>
- [13] SLD Top Oil Solution, "Avocado Oil Cold Pressed Line," [Online]. Available:  
[https://www.sld-topoilsolution.com/solution/Avocado\\_Oil\\_Cold\\_Pressed\\_Line.html](https://www.sld-topoilsolution.com/solution/Avocado_Oil_Cold_Pressed_Line.html).
- [14] AZERO, "Producto 3-6," [Online]. Available: <https://azero.com.co/products/3-6>.

[15] Made-in-China, "Multifunction Commercial Slicer Vegetable Cutting Machine Industrial Shredding Cabbage Carrot Onion Fruit Vegetable Cutter," [Online]. Available: [https://es.made-in-china.com/co\\_ad40991aed9f0a28/product\\_Multifunction-Commercial-Slicer-Vegetable-Cutting-Machine-Industrial-Shredding-Cabbage-Carrot-Onion-Fruit-Vegetable-Cutter\\_uoghguosy.html?pv\\_id=linkh5s0i579&faw\\_id=linkh63qi2d](https://es.made-in-china.com/co_ad40991aed9f0a28/product_Multifunction-Commercial-Slicer-Vegetable-Cutting-Machine-Industrial-Shredding-Cabbage-Carrot-Onion-Fruit-Vegetable-Cutter_uoghguosy.html?pv_id=linkh5s0i579&faw_id=linkh63qi2d).

[16] Google Shopping, "Tanques de acero inoxidable," [Online]. Available: [https://www.google.com/shopping/product/1?q=tanques+de+acero+inoxidable&prds=epd:12106096511273499604\\_eto:12106096511273499604\\_0.pid:12106096511273499604&sa=X&ved=0ahUKewid-IGD1bKMAxU4RjABHaKvAB8O9pwGCAC](https://www.google.com/shopping/product/1?q=tanques+de+acero+inoxidable&prds=epd:12106096511273499604_eto:12106096511273499604_0.pid:12106096511273499604&sa=X&ved=0ahUKewid-IGD1bKMAxU4RjABHaKvAB8O9pwGCAC).

[17] Envasadoras.co, "Envasadora Overflow 12 Boquillas Automática eSlim," [Online]. Available: <https://www.ensadoras.co/producto/ensadora-overflow-12-boquillas-automatica-eslim/>.

## VI. ANEXOS

Tabla XXXVI. Tabla de anexos

No. Anexo	Nombre	Desarrollo (propio o terceros)	Tipo de Archivo (PDF, HTLM, Excel, Word...)
1	2024207 Anexo 1 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DE PRODUCTOS	PROPIO	Excel
2	2024207 Anexo 2 - EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE PRODUCTOS	PROPIO	Excel
3	2024207 Anexo 3 - REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE QFD	PROPIO	Excel
4	2024207 Anexo 4 - PLAN DE TRABAJO	PROPIO	Excel
5	2024207 Anexo 5 - CRONOGRAMA	PROPIO	Excel
6	2024207 Anexo 6 - BENCHMARKING	PROPIO	Excel
7	2025207 Anexo 7 - CRONOGRAMA	PROPIO	Excel
8	2025207 Anexo 8 - BALANCE DE LÍNEA	PROPIO	Excel
9	2025207 Anexo 9 - COSTOS UNITARIOS.xlsx	PROPIO	Excel
10	2025207 Anexo 10 - MATRIZ DE RELACIÓN DE ACTIVIDADES	PROPIO	Excel
11	2025207 Anexo 11 - FLUJOGRAMA	PROPIO	PDF
12	2025207 Anexo 12 - ANÁLISIS FINANCIERO	PROPIO	Excel
13	2025207 Anexo 13 - COTIZACIONES PD2	PROPIO	Excel
14	2025207 Anexo 14 - DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	PROPIO	Excel
15	2025207 Anexo 15 - ESTACIONES DE TRABAJO	PROPIO	Excel
16	2025207 Anexo 16 -SKU-BOM	PROPIO	Excel
17	2025207 Anexo 17 - PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	PROPIO	PDF