

Área del Conocimiento de Agricultura

Formulación y selección de equipos de procesos para producir pulpa de mango (Tommy Atkins) y fruta congelada IQF, a nivel MYPYME.

Proyecto Monográfico para optar al título de Ingeniero Químico

Elaborado por:

Br. Yaritza del
Carmen
Ramírez
Velásquez.
Carnet: 2015-
0727U

Br. Helmar
Josué
Alemán
Calero.
Carnet: 2015-
0063U

Br. Freddy
Esteban
Membreño
Quijano.
Carnet: 2015-
0886U

Tutor:

Mpa. Onel Domingo
Morales Cortez

28 de febrero de 2026
Managua, Nicaragua

AGRADECIMIENTOS

En nombre de nuestro grupo, agradecemos primeramente a Dios por guiarnos con sabiduría, fortaleza y perseverancia a lo largo de este proceso de investigación. Su bendición nos permitió superar cada obstáculo y mantenernos firmes hasta culminar satisfactoriamente este trabajo de tesis, que representa el fruto de nuestro esfuerzo y dedicación.

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a nuestros padres, quienes han sido el pilar fundamental en nuestra formación personal y profesional. Gracias por su apoyo incondicional, sus sacrificios y su constante motivación para seguir adelante aun en los momentos más difíciles. Este logro también les pertenece, porque sin su respaldo no habría sido posible alcanzar esta meta.

De manera especial, extendemos nuestro sincero agradecimiento a nuestros tutores y docentes, quienes compartieron con nosotros sus conocimientos, experiencias y orientación durante todo el desarrollo de esta investigación. En particular, agradecemos al profesor Onel Morales por su apoyo constante, su compromiso, paciencia y dedicación, elementos clave para la culminación exitosa de este trabajo.

Finalmente, agradecemos a todas aquellas personas que, de una u otra forma, nos brindaron su colaboración, consejo o palabras de ánimo durante este proceso. Cada aporte, por pequeño que pareciera, contribuyó significativamente a la realización de esta tesis y al cumplimiento de una meta más en nuestra formación profesional.

DEDICATORIA

Yaritza Ramirez

A mis padres con mucho amor y cariño le dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de este proyecto.

A la memoria de mi abuelo que, aunque ya no está físicamente conmigo, sé que estaría orgulloso de este triunfo. Su recuerdo me ha dado fuerzas en los momentos más difíciles y su ejemplo de vida sigue siendo mi guía. Este título lo dedico también a él, con la certeza de que desde el cielo celebra conmigo.

Este proyecto ha sido un camino cansado y difícil, pero también lleno de aprendizajes y crecimiento. Hoy lo entrego con gratitud y con la esperanza de que sea un homenaje a quienes siempre han creído en mí.

Freddy Membreño

A Dios, por iluminar mi camino, darme sabiduría en los momentos de incertidumbre y fortaleza para no rendirme ante las dificultades que se presentaron a lo largo de esta etapa.

A mis padres, quienes han sido mi mayor ejemplo de esfuerzo, perseverancia y amor incondicional; gracias por cada sacrificio realizado, por creer en mí incluso cuando yo dudaba y por impulsarme siempre a superarme.

A mi familia y amigos, que estuvieron presentes brindándome apoyo, comprensión y palabras de ánimo en los momentos más exigentes, recordándome que no estaba solo en este proceso. Este logro no es únicamente mío, sino también de todos ustedes, quienes fueron parte fundamental para que este sueño se hiciera realidad.

Helmar Alemán

A mis padres, porque este logro no es solo mío, es nuestro.

Gracias por cada sacrificio silencioso, por cada palabra de ánimo cuando el camino se ponía cuesta arriba y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Su apoyo incondicional, su esfuerzo constante y su amor han sido la base firme sobre la que construí este sueño.

Si hoy culmino esta etapa, es porque ustedes nunca dejaron de sostenerme. Este título representa años de lucha, perseverancia y fe... valores que aprendí en casa.

Con profundo amor, respeto y gratitud, les dedico este logro.

Managua, Nicaragua, 26 de febrero del 2026

Estimados excelentes miembros del jurado calificador; el proyecto de graduación investigativo para optar al título de Ingeniero Químico que tienen en sus manos titulado: **"FORMULACION Y SELECCIÓN DE EQUIPO DE PROCESOS PARA PRODUCIR PULPA DE MANGO(TOMY ATKINS) Y FRUTAS CONGELADAS IQF A NIVEL MYPIME"**, tuvo lugar en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), en el área de conocimiento de agricultura (DACA), por lo que, en este trabajo de investigación se dispuso de la búsqueda de información en el laboratorio de operaciones unitaria (DACA) y en la biblioteca RUPAP, donde por un periodo de tres meses se desarrolló este proyecto de graduación investigativo. La dedicación que **Br. YARITZA DEL CARMEN RAMIREZ VELASQUEZ; HELMAR JOSUE ALEMAN CALERO Y FREDDY ESTEBAN MEMBREÑO QUIJANO** realizaron en todo el desarrollo de su proyecto de graduación fue bien continuo e incansable, que las llevo a tener resultados muy positivos.

Por lo anterior expuesto y certificando la calidad y categoría del trabajo que han realizados los bachilleres en el proyecto de graduación investigativo solicito a ustedes la máxima calificación para este proyecto.

Aprovecho para reiterar mis más cordiales saludos y deseos de buena voluntad.

Se despide de ustedes.

Atentamente

Mpa. Ing. Onel Domingo Morales Cortez
Profesor Guia

Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL	2
3. OBJETIVOS.....	4
4. DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	5
5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS	8
6. METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN	21
7. RESULTADOS POR CAPITULOS	31
8. CONCLUSIONES	52
9. RECOMENDACIONES	53
10. REFERENCIAS	54
11. ANEXOS	56

Índice de Figuras

Figura 1 Localización de finca San Andrés.....	Página 5
Figura 2 Mango hadn.....	Página 10
Figura 3 Mango kent.....	Página 10
Figura 4 Mango keitt.....	Página 11
Figura 5 Mango Tommy Atkin.....	Página 11
Figura 6 estado de madurez Tommy Atkins.....	Página 15
Figura 7 Balanza.....	Página 36
Figura 8 Mesa de selección.....	Página 37
Figura 9 Tina industrial.....	Página 37
Figura 10 Tina de enjuague.....	Página 38
Figura 11 Llenador volumétrico.....	Página 39
Figura 12 Selladora.....	Página 40
Figura 13 Mesa escurridora vibratoria.....	Página 41
Figura 14 Cocinador cilindrico.....	Página 42
Figura 15 Despulpadora gruesa.....	Página 42
Figura 16 Despulpadora fina.....	Página 45
Figura 17 Refractómetro.....	Página 46
Figura 18 Medidor multipaámetro.....	Página 47
Figura 19 Congelador IQF.....	Página 48
Figura 20 Diagrama de equipo pulpa de mango.....	Página 49
Figura 21 Diagrama de equipo fruta congelada.....	Página 50

Índice de Tablas

Tabla 1 Variedades de Mango.....	Página 9
Tabla 2 Propiedades físicas del Mango Tommy Atkins.....	Página 12
Tabla 3 Propiedades químicas del Mango Tommy Atkins.....	Página 13
Tabla 4 Parámetros de control en el cocinador.....	Página 33
Tabla 5 Potencia termina en el cocinado.....	Página 35
Tabla 6 Balance de energía en el congelador.....	Página 35

1. INTRODUCCIÓN

Nicaragua cuenta con zonas productoras importantes y condiciones climáticas favorables, gran parte de la cosecha se comercializa únicamente en fresco en la temporada de alta producción. el mango se destaca como una de las frutas más apreciadas y consumidas por las familias, no solo por su sabor dulce y refrescante, sino también por su alto valor nutricional. No obstante, una parte significativa de la producción genera pérdidas, principalmente debido a las limitaciones en infraestructura de postcosecha y a la reducida capacidad para industrializar este fruto.

En este contexto, la formulación de procesos y la selección adecuada de equipos para la producción de pulpa de mango y fruta congelada IQF se presentan como una alternativa estratégica para las micro, pequeñas y medianas empresas MYPIMES. Para el desarrollo del presente estudio, se utiliza como referencia la planta de alimentos de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), la cual permite establecer criterios técnicos para el dimensionamiento y la selección de los equipos a emplear en el proceso, considerando volúmenes de producción acordes a una MYPYME.

Entre los equipos más relevantes destacan la despulpadora gruesa, Cocinador (ablandador de pulpas) y despulpadora final cuya función es obtener la pulpa del mango, al final un tanque llenador de pulpa para obtener una pulpa homogénea con características organolépticas intactas. Asimismo, se consideran los sistemas de congelación IQF; para poder refrigerar la pulpa del mango y congelar la fruta en piezas individuales mediante un congelamiento rápido, asegurando la preservación de su textura, sabor y valor nutritivo por períodos prolongados.

Este proyecto de Graduación es un plan de negocio para emprender en una MYPIME para aumentar su vida útil de esta fruta (mango Tommy Atkins) con su formulación de procesos y la selección de equipos, para la evaluación de obtener un producto terminado con las propiedades físicas y organolépticas de calidad, tanto en pulpa de mango como en fruta congelada IQF; las cuales constituyen indicadores fundamentales de calidad e inocuidad a nivel nacional como internacional.

2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

Antecedentes

Las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) desempeñan un papel esencial en la producción y generación de empleos, y Nicaragua no es la excepción. En este contexto, se plantea la formulación de un plan dirigido a aquellas MIPYMES interesadas en la elaboración de productos derivados del mango Tommy Atkins, tales como pulpa de mango y fruta congelada bajo la tecnología IQF.

En Nicaragua se cultivan variedades de mango con calidad de exportación, las cuales representan un valioso aporte al comercio exterior del país, contribuyendo de manera significativa en la diversificación de la oferta agrícola nicaragüense. Entre las variedades más vendidas se encuentran el mango Kent y Tommy Atkins, por ser menos fibrosas, más firmes y presentar un color más atractivo.

De acuerdo al monitoreo que realiza el Ministerio Agropecuario, MAG, se contabilizó una producción de 4.5 millones de kilogramos de mango al mes de junio 2025, destinados principalmente a la exportación.¹; empresas que manejan el mango para su procesamiento y exportación, como Sol Orgánica, que se enfoca en la exportación de frutas tropicales procesadas (puré, deshidratados, etc.), y Mangosa, que produce mangos frescos para mercados internacionales, además de estar reincorporando la producción de pulpa congelada.

La producción de pulpa de mango en Nicaragua enfrenta desafíos de industrialización, ya que la mayoría de la producción se destina a la exportación de fruta fresca o al consumo nacional, mientras que la variedad "mechudo" que se cultiva en abundancia es fibrosa y de poco interés industrial. Sin embargo, existen variedades con potencial de industrialización, como la Kent y la Tommy Atkins para exportación, y otras (como la variedad de Brasil: Espada Vermela) que podrían ser útiles para mermeladas y deshidratación.

Marco Legal

Los requisitos mínimos de calidad para el mango fresco según la NTON 03 049-05 de Nicaragua incluyen que esté exento de humedad externa anormal, con sabores y olores normales. Debe estar suficientemente desarrollado, con un grado de madurez satisfactorio, y sin daños, plagas ni defectos significativos. En cuanto a su condición, debe ser apto para el transporte y llegar a su destino en buen estado, permitiendo que su proceso de maduración continúe adecuadamente.

La NTON 03 026 10 establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los manipuladores y cualquier otro personal en actividades similares; en las operaciones de manipulación de alimentos, durante su obtención, recepción de materia prima, procesamiento, envasado, almacenamiento, transportación y su comercialización.

Esta norma es de aplicación obligatoria en todas aquellas instalaciones donde se manipulen alimentos, tanto en su obtención, procesamiento, recepción de materias primas, envasado, almacenamiento, transportación, comercialización y por todos los manipuladores de alimentos.

3. OBJETIVOS

Objetivo General

Formular y seleccionar los equipos de procesamiento para la obtención de pulpa de mango y fruta congelada en productos de exportación a nivel MIPYME.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del mango de la variedad Tommy Atkins para el procesamiento de ambos productos.
2. Evaluar las propiedades químicas y organolépticas del producto terminado (pulpa de mango y fruta congelada) por medio de Ph, Brix, color, aromas y sabor.
3. Formular y seleccionar los equipos de procesamiento (pulpeadores, pasteurizadores y sistemas de congelación IQF) basado en el balance de materia.

4. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El presente proyecto consiste en la formulación y diseño de un proceso productivo, así como en la selección y dimensionamiento de equipos industriales para la obtención de pulpa de mango de la variedad Tommy Atkins y fruta congelada mediante tecnología IQF, a escala de micro, pequeña y mediana empresa (MIPYME). Su desarrollo se fundamenta en la necesidad de aprovechar de manera más eficiente la producción de mango en Nicaragua, reduciendo las pérdidas postcosecha y generando alternativas de valor agregado que permitan mejorar la competitividad del sector agroindustrial.

La materia prima utilizada en este estudio proviene de la finca San Andrés, propiedad de la señora Irene Vallecillo, ubicada en la comunidad San Bernardo, municipio de Nandasmo a 50 m a la derecha del vivero Alfredo Canelo con coordenadas 11°54'42.8"N 86°06'53.6"W. Esta finca cuenta con aproximadamente 60 árboles de mango de la variedad Tommy Atkins, con una producción promedio de 60 frutos por árbol en cada ciclo productivo. Del total de la producción, se considera el 60% para el desarrollo del proyecto, destinándose el 50% de esta cantidad a la elaboración de pulpa de mango y el otro 50% a la producción de fruta congelada IQF.

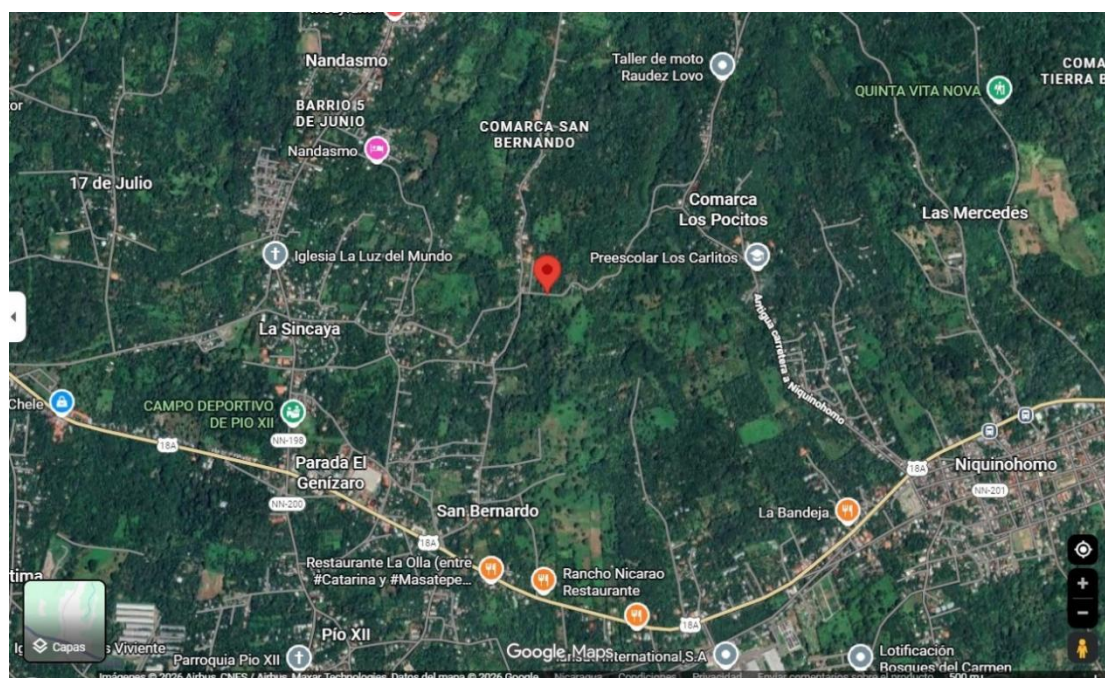


Figura 1: localización de finca San Andrés

La iniciativa surge debido a que una gran parte de la producción nacional de mango se comercializa únicamente en fresco, lo que limita su vida útil y provoca desperdicios durante los períodos de alta cosecha. Ante esta problemática, el proyecto plantea la implementación de procesos de industrialización que permitan transformar la materia prima en productos con mayor estabilidad, calidad e inocuidad, como lo son la pulpa de mango y el mango congelado IQF, los cuales tienen mayor demanda tanto a nivel nacional como internacional.

El proyecto implica el estudio integral de la materia prima, incluyendo su caracterización fisicoquímica y organoléptica, así como el análisis de las operaciones unitarias necesarias para su procesamiento. Además, contempla la elaboración de balances de masa y energía, fundamentales para determinar los rendimientos del proceso, los requerimientos energéticos y la capacidad operativa del sistema. El proceso productivo se representa de manera esquemática en los diagramas de flujo presentados en los resultados, los cuales facilitan la comprensión de las operaciones unitarias y la distribución de la materia prima en ambas líneas de procesamiento.

Para el desarrollo del objetivo específico relacionado con la formulación y selección de equipos de procesamiento, se implementará la metodología de Diseño de Experimentos (DOE). Esta herramienta permitirá evaluar de manera sistemática distintas alternativas dentro del proceso, tales como la selección de materia prima más adecuada, manteniendo sus propiedades químicas y organolépticas tales como Ph, Brix, Color, Aromas y sabor a mango, el tipo de envase más eficiente y la elección de proveedores que mejor se adapten a las necesidades del proyecto. Asimismo, el DOE facilitará la identificación de las variables críticas que influyen en el desempeño del proceso productivo, considerando que existen múltiples factores que afectan el resultado final, pero no todos tienen el mismo nivel de impacto. De esta manera, se busca analizar cómo los cambios en las variables del proceso afectan la calidad del producto y determinar los márgenes de variabilidad permitidos, contribuyendo a una toma de decisiones más precisa y fundamentada en criterios técnicos.

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo tomando como referencia la planta de alimentos de la Universidad Nacional de Ingeniería, donde se definieron las condiciones de operación, se analizaron los procesos y se validaron los parámetros técnicos. El flujo productivo inicia con la recepción, selección y acondicionamiento del mango, seguido de su procesamiento en dos líneas: una destinada a la obtención de pulpa mediante despulpado y pasteurización, y otra enfocada en la congelación rápida individual del fruto mediante tecnología IQF. Finalmente,

se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de los productos obtenidos, con el fin de garantizar su calidad y aceptación.

Adicionalmente, con base en la logística operativa planteada en los anexos, se establece que la MIPYME contará con un total de seis trabajadores, de los cuales cuatro estarán asignados al área de producción distribuidos en las diferentes etapas del proceso y dos al área administrativa. De acuerdo con lo establecido en el Reglamento de la Ley MIPYME, Decreto No. 17-2008, esta estructura organizativa clasifica al emprendimiento como una pequeña empresa.

En conjunto, este proyecto no solo representa una propuesta técnica viable para el aprovechamiento del mango, sino que también constituye una base para el desarrollo de emprendimientos agroindustriales sostenibles, contribuyendo a la reducción de pérdidas, la generación de valor agregado y el fortalecimiento de las MIPYMES en el sector alimentario.

5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

En esta sección se exponen los fundamentos técnicos que sustentan el desarrollo de este estudio, abordando las características del mango como materia prima, sus propiedades fisicoquímicas y los principios tecnológicos aplicados en los procesos de obtención de pulpa y mango congelado IQF. Asimismo, se presentan los balances de materia y energía, incluyendo las ecuaciones y relaciones fundamentales utilizadas para el análisis y dimensionamiento de ambos procesos productivos.

5.1 Caracterización del mango:

El mango es una fruta jugosa y pulposa cuyo contenido nutricional está dado por grandes cantidades de magnesio y en provitaminas A y C; de igual modo cuenta con altas concentraciones de hidratos de carbono, lo cual la convierte en una alta fuente de calorías.

Entre las principales características del mango, destaca su buen sabor. Dicha pulpa puede ser o no fibrosa, siendo la variedad llamada mango de hilacha la que mayor cantidad de fibra contiene. Es una fruta normalmente de color verde en un principio, y amarillo, naranja e incluso rojo-granate cuando está madura, de sabor medianamente ácido cuando no ha madurado completamente.

La madurez es un factor importante asociado con la evaluación de la calidad de frutas, como los mangos. Los criterios comunes para juzgar la madurez, incluyen atributos físicos, tales como el color de la piel, la firmeza, el tamaño, la forma y la humedad o los contenidos sólidos; atributos químicos, tales como azúcar, almidón o contenido de ácido; estimación de la etapa de desarrollo y evaluación morfológica.

El color es uno de los factores de calidad más importantes, ya que está estrechamente relacionado con las propiedades químicas y físicas de las frutas. Las propiedades de la textura son factores clave, que influyen en la aceptabilidad de la fruta y el valor agregado de sus productos para el consumidor. Los principales cambios de textura que dan como resultado el ablandamiento de la fruta se debe a la alteración, mediada por enzimas en la estructura y en la composición de la pared celular, la solubilización o despolimerización parcial o completa de polisacáridos de pared celular, como pectinas y celulosas. Las variables fisicoquímicas durante la maduración permiten determinar en qué tipo de producto se podría utilizar la fruta, ya sea en fresco, jugos, mermeladas, pasabocas secos o frituras MAG (Ministerio Agropecuario) (2023).

5.2 Variedades de mango

Existe una gran variedad de mangos, llegándose a decir que solamente en la India hay más de mil; entre las principales tenemos:

Tabla 1: Variedades de Mango

Nº	Variedad	Forma	Color	Uso principal
1	Irwin	Ovalada	Rojo intenso	Consumo fresco
2	Carabao	Alargada	Amarillo	Jugos y fresco
3	Tommy Atkins	Ovalada	Rojo/verde	Exportación
4	Manila	Alargada	Amarillo	Consumo fresco
5	Haden	Ovalada	Rojo/amarillo	Consumo fresco
6	Parkings	Redondeada	Verde/amarillo	Procesamiento
7	Manga Rosa	Ovalada	Rosado	Consumo fresco
8	Kent	Ovalada	Verde/rojo	Exportación
9	Ataulfo	Alargada	Amarillo dorado	Consumo fresco
10	Camboyana	Ovalada	Verde/amarillo	Consumo local
11	Mabrouka	Ovalada	Amarillo	Consumo fresco
12	Sensación	Ovalada	Rojo intenso	Consumo fresco
13	Pairi	Redondeada	Amarillo/verde	Procesamiento
14	Keitt	Grande y ovalada	Verde	Exportación
15	Julie	Aplanada	Amarillo/verde	Consumo fresco
16	Zill	Ovalada	Amarillo/rojo	Mejoramiento
17	Alfonso	Ovalada	Amarillo intenso	Consumo premium

Fuente Inmedinox (2026).

De los cuales, en nuestra localidad se producen principalmente las variedades “Tommy Atkins”, “Haden”, “Keitt” y “Kent”, las cuales se describen ampliamente a continuación. En Nicaragua, estas variedades son cultivadas en fincas y unidades productivas ubicadas principalmente en las zonas del Pacífico, especialmente en los departamentos de Chinandega, León, Managua, Masaya y Rivas, donde las condiciones de clima cálido, suelos bien drenados y disponibilidad de agua favorecen su desarrollo. La producción se realiza tanto en fincas comerciales destinadas al mercado nacional y de exportación, como en pequeñas y medianas explotaciones agrícolas de carácter familiar.

- **Haden:** Es una de las más antiguas de Florida, que se originó de la variedad “Mulgoba”. Es una fruta grande de 14 cm. de largo y 400 a 600 gramos de peso, de forma ovoide,

redondeada con fondo de color amarillo, sobre color rojizo con numerosas lenticelas de color blanco. La pulpa es jugosa, casi sin fibra con sabor ligeramente ácido y de buena calidad.



Figura 2: Mango Haden

Fuente Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2026)

- **Kent:** Se originó de la variedad “Brooks”, la que a su vez provino de la variedad “Sandersha”. Es una fruta grande que llega a 13 cm o más de longitud, con un peso promedio de 680 gramos. Tiene una forma ovoide, más bien llena y redondeada con color base verde amarillento y sobre color rojo oscuro, numerosas lenticelas pequeñas y amarillas. Además, tiene pulpa jugosa, sin fibra, rica en dulce y calidad de muy buena a excelente.



Figura 3: Mango Kent

Fuente Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2026)

- **Keitt:** Se originó de una semilla de “Mulgoba”, alrededor de 1929 en Florida. La fruta crece hasta 12 cm y pesa de 600 a 700 gramos. Su forma es ovalada, con color base amarillo con numerosas lenticelas pequeñas. La pulpa es jugosa y dulce.



Figura 4: Mango Keitt

Fuente Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2026)

- **Tommy Atkins:** Es originaria de la Florida, supuestamente del Haden. Es una fruta de 13 cm de largo y 450 a 700 gramos de peso, con forma ovoide a casi redonda, color con base morado a rojizo, bastante resistente a los daños mecánicos debido a la cáscara gruesa, carece de fibra, tiene buen sabor y de pulpa jugosa.



Figura 5: Mango Tommy Atkins

Fuente Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2026)

5.3 Mango Tommy Atkins en Nicaragua

Nicaragua produce la variedad Tommy Atkins el cual es empacado en cajas de cartón de 4.5 Kg y exportado a los Estados Unidos y Europa. Su mayor producción está entre los meses de enero a abril dando un resultado de casi 1,000,000 de cajas. Como nuestro país es de un clima tropical el cultivo del mango se da a gran escala siendo así que cada habitante posee en su terreno al menos un árbol de esta fruta, siendo la Empresa agro exportadora Mangos. S.A. una de las empresas que cultiva la variedad Tommy Atkins en su totalidad de terreno (800 Hectáreas).

El mango se usa para acompañar platos principales, ensaladas de frutas, tortas, helados, yogures, jugos, mermeladas, jaleas, almíbar, en trozos frescos, los mangos verdes pueden ser usados en salsas y condimentos. Siendo estas las principales formas de su aprovechamiento tanto a nivel Nacional e Internacional Zumit (2023).

5.4 Propiedades físicoquímicas del Mango Tommy Atkins

5.4.1 Propiedades Físicas

Las propiedades físicas constituyen el conjunto de características externas y estructurales que definen su apariencia, manejo y calidad comercial. Estos parámetros, que abarcan desde la morfología y el peso hasta el color y la firmeza, son fundamentales para determinar el comportamiento del fruto durante la cosecha, el transporte y su posterior aceptación por el consumidor.

La siguiente tabla presenta las principales propiedades físicas del mango de la variedad Tommy Atkins, una de las más cultivadas y comercializadas en Nicaragua. En ella se describen características relacionadas con el tamaño, peso, forma, color, textura y resistencia del fruto. Estas propiedades permiten comprender mejor la importancia de esta variedad tanto para el consumo fresco como para su comercialización.

Tabla 2: Propiedades físicas del Mango Tommy Atkins

Propiedad	Descripción
Largo del fruto	13 cm
Peso	450–700 g
Fibra	No presenta fibra
Forma	Ovoide a casi redonda
Color de la cáscara	Anaranjado–amarillo o rojo fuerte
Sabor	Suave y dulce
Pulpa	Jugosa
Resistencia	Muy resistente por la cáscara gruesa
Cáscara	Gruesa, con numerosos puntos blancos
Contextura	Fuerte y adherible
Aroma	Pequeños toques de frutas tropicales y cítricos

Fuente Revista Scientia et Technica

5.4.2 Propiedades químicas del Mango Tommy Atkins

Las propiedades químicas de un fruto se detectan mediante análisis de laboratorio que miden su composición (azúcares, ácidos, vitaminas, antioxidantes) con técnicas como la

espectroscopía (luz infrarroja/visible para maduración) y refractometría (grados Brix para azúcares), junto con análisis sensoriales (sabor, aroma) y físicos (textura, firmeza) para evaluar la calidad, madurez y contenido nutricional, observando cambios durante la maduración como la conversión de almidón en azúcares o la degradación de clorofila.

Los frutos del mango constituyen un valioso suplemento dietético, pues es muy rico en vitaminas A y C, B1, B2, minerales, fibras y anti-oxidantes; siendo bajos en calorías, grasas y sodio. Su valor calórico es de 62-64 calorías/100 g de pulpa. En la siguiente tabla se muestra el valor nutritivo del mango en 100 g de parte comestible.

Tabla 3: Propiedades químicas del Mango Tommy Atkins

Componentes	Valor medio de la materia fresca
Agua (g)	81,8
Carbohidratos (g)	16,4
Fibra (g)	0,7
Vitamina A (U.I.)	1100
Proteínas (g)	0,5
Ácido ascórbico (Mg)	80
Fósforo (mg)	14
Calcio (mg)	10
Hierro (mg)	0,4
Grasa (mg)	0,1
Niacina (mg)	0,04
Tiamina (mg)	0,04
Riboflavina (mg)	0,07

Fuente Revista Scientia et Technica

5.5 Propiedades organolépticas del producto terminado

5.5.1 Grados Brix

Los grados brix es un indicador que mide la cantidad de azúcares que tiene un alimento, por ello, se puede decir que éste es uno de los parámetros que definen la calidad interna de las frutas y hortalizas; además, determinan el estado de madurez de los frutos, lo que permite optimizar la fecha de recolección de las frutas. Según un estudio presentados por 13, los grados brix del mango Tommy Atkins se muestran en la tabla Figura 6.

5.5.2 pH

El pH es una medida que determina “la alcalinidad o la acidez de una sustancia, indicando los iones H^+ y OH^- presentes en una solución”. Según un estudio presentado por 13, el pH del mango Tommy Atkins se muestran en la tabla X el cual se relaciona con los grados Brix. De acuerdo con los resultados del estudio mostrado en 13, a los 80 días el pH aumentó de 3.8 a 4.5, los frutos aumentaron su pH de 4.9 a 5.2 cortados a los 94 días de crecimiento, el corte efectuado a los 100 días, el pH continuó en aumento, no obstante, en el momento a los 4 días de vida anaquel del corte realizado a los 107 días este indicador disminuyó de 5 a 4.2

5.5.3 Acidez Titulante

La acidez titulable es un parámetro importante en la determinación de la madurez del fruto. La madurez de la fruta es uno de los factores más importantes para determinar su vida de anaquel. Para algunas frutas, los estándares gubernamentales de calidad (basados en la acidez titulable o en la relación de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) con respecto a la acidez titulable) se deben cumplir para garantizar la calidad a los consumidores. Las frutas inmaduras normalmente tienen un nivel bajo de azúcar en relación con el ácido en comparación con las frutas maduras que tienen una alta relación de azúcar a ácido.

Según el estudio mostrado en Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria. (2024) la acidez titulable en el fruto de mango Tommy Atkins a los 80 días presentó un % de 0.53 y 0.56, el cual mermó en los mangos en vida de anaquel evaluados en el momento 8 días, a 0.27 (ver figura 6), para el corte de frutos realizado a los 94 días este indicador sigue descendiendo en el momento 8 a 0.09 %, mientras que en el corte a los 100 días mostró un bajo crecimiento en el momento 0 días en anaquel, sin embargo, en el momento 4 y 8 días el valor aumenta de 0.02 a 0.12, en el último realizado a los 107 días presentó la misma tendencia que el corte a los 100 días, en el momento 0 días el porcentaje de acidez fue menor (0.08 %) en comparación con el momento 4 y 8 días (0.10 % y 0.11 %) aumentaron el contenido de acidez.

Días de corte	Días de anaquel	Tommy Atkins		
		°Bx	pH	Acidez titulable
80	0	1.4	3.8	0.53
	4	2.4	3.8	0.56
	8	3.5	4.5	0.27
94	0	5.1	4.9	0.14
	4	8.9	5.2	0.17
	8	6.5	5.2	0.09
100	0	7.6	6.7	0.02
	4	8.4	5	0.09
	8	8.1	4.2	0.12
107	0	5.9	4.3	0.08
	4	8.4	4.3	0.10
	8	8.1	4.2	0.11

Figura 6: Estado de madurez del Mango Tommy Atkins

Fuente: MAG (Ministerio Agropecuario) (2023)

5.5.4 Sólidos solubles

Este análisis es ampliamente utilizado para estimar el grado de concentración de azúcares en la fruta, información válida y aplicable en muchos tipos de fruta en donde es deseable un alto grado de azúcar antes de cosechar.

5.6 Despulpado de frutas

El despulpado es un proceso industrial o artesanal que consiste en separar la pulpa de la fruta de sus componentes no deseados, como cáscaras, semillas, huesos y fibras. Se utiliza principalmente en la industria alimentaria para obtener pulpa pura y consistente, ideal para elaborar jugos, mermeladas, helados, yogures, repostería y papillas. Este método maximiza el aprovechamiento de la materia prima, preservando el sabor y los nutrientes.

5.7 Equipos para el despulpado de frutas

El despulpado se realiza generalmente mediante máquinas llamadas despulpadoras, que utilizan paletas giratorias y tamices (mallas) para presionar la fruta y extraer solo la parte comestible.

Según Minecsa 2021 la despulpadora de frutas es una máquina diseñada específicamente para realizar la separación de la pulpa comestible de las frutas de sus partes no deseadas. Este equipo resulta fundamental en la industria alimentaria, ya que permite convertir frutas enteras en pulpas que serán utilizadas en una variedad de productos, como jugos, néctares, compotas y purés. Su operación no solo optimiza el tiempo de producción, sino que también mejora la calidad del producto final.

En el contexto de la producción alimentaria, es crucial contar con herramientas que faciliten el procesamiento eficiente de materias primas. La despulpadora cumple este rol al proporcionar una solución rápida y efectiva para la obtención de pulpa. Generalmente, estas máquinas son capaces de manejar grandes volúmenes de fruta, lo que las hace ideales para operaciones industriales.

Las despulpadoras pueden variar en diseño y capacidad, adaptándose a las necesidades de cada productor. Existen modelos que son más adecuados para pequeñas empresas, así como otros que están pensados para grandes industrias que requieren un procesamiento masivo. Esto permite que cualquier productor, sin importar su tamaño, pueda beneficiarse de esta tecnología.

En términos de construcción, la mayoría de las despulpadoras están diseñadas utilizando materiales de alta calidad, como el acero inoxidable, que garantiza la durabilidad y la higiene necesarias en el procesamiento de alimentos. Este aspecto es esencial, ya que la seguridad alimentaria es una prioridad en la industria.

Las aplicaciones que surgen del uso de una despulpadora son variadas y se extienden más allá de simplemente hacer jugos. La pulpa obtenida puede ser utilizada en la elaboración de productos como helados, salsas y productos de panadería, entre otros. Esta versatilidad contribuye a su creciente demanda en el mercado.

- Separación eficiente de pulpa y residuos.
- Capacidad para manejar grandes volúmenes.
- Construcción en materiales higiénicos y duraderos.
- Aplicaciones en una amplia gama de productos alimenticios.

La despulpadora de frutas, por lo tanto, no solo sigue siendo una herramienta esencial en la producción de alimentos, sino que también es un símbolo de cómo la tecnología puede facilitar

la transformación de las materias primas en productos que llegan al consumidor final con la mejor calidad posible, Minecsa, 2021.

5.8 Congelación IQF

La congelación IQF (Individually Quick Frozen o Congelación Rápida Individual) consiste en una tecnología de congelamiento que separa y congela cada pieza de alimento rápidamente a temperaturas que pueden superar los -30 °C.

Esta metodología prioriza la rapidez, lo que limita la formación de grandes cristales de hielo en los tejidos de los alimentos, algo común en los métodos de congelamiento tradicionales.

La fase clave de la congelación rápida es evitar la formación de grandes cristales de hielo en los tejidos de los alimentos. Lo que sucede es que cuando los alimentos se congelan lentamente, se pueden formar cristales grandes y romper la estructura celular, emergentcold (2025).

Esto cambia la textura de los alimentos y conduce a la pérdida de líquidos y nutrientes cuando se descongelan. Sin embargo, el enfriamiento ultrarrápido da como resultado cristales de hielo muy pequeños.

Durante el inicio de la congelación, el agua dentro de la comida comienza a formar pequeños cristales de hielo. A medida que el proceso continúa y la temperatura de pre congelamiento alcanza su punto óptimo (entre -1 °C y -4 °C), otros pequeños cristales de hielo se forman rápidamente en lugar de pocos y grandes cristales.

El Individually Quick Frozen ofrece una serie de ventajas sobre los métodos de congelación tradicionales. Debido a su diseño especializado y a la velocidad con la que congela los productos, esta tecnología trae diversos beneficios, siendo una opción eficiente y de alta calidad para la conservación de los alimentos.

Estos son los principales beneficios de la congelación IQF:

- Mayor calidad de los alimentos

El proceso de congelación en cuestión conserva mejor la calidad, el sabor, el color y la textura de los alimentos. Esto se debe al hecho de que la formación de cristales de hielo más pequeños,

que es posible gracias al enfriamiento rápido, reduce el trauma físico en el tejido de los alimentos.

Por lo tanto, después de la descongelación, los alimentos conservan más de sus propiedades naturales y frescura original, en comparación con los que se congelan por métodos convencionales, emergentcold (2025).

- Practicidad

Los alimentos congelados por este método, como su nombre lo explican, se convierten en piezas congeladas individuales, lo que los hace extremadamente prácticos para los consumidores. Esto significa que es posible eliminar y descongelar solo la cantidad requerida de producto, sin la necesidad de descongelar todo el paquete.

Esta característica facilita la dosificación, el control de porciones y la utilización eficiente de los productos congelados, además de ser ideal para la rápida preparación de comidas.

- Reducción de desperdicios

Con la capacidad de descongelar solo la cantidad de producto necesaria, hay una reducción notable en el desperdicio de alimentos. A medida que el proceso de congelación IQF mantiene una alta calidad, los alimentos tienen una vida útil más larga, evitando su descarte causado por deterioro.

Esta extensión en la durabilidad de los productos congelados significa que los consumidores pueden almacenarlos sin que se estropeen rápidamente antes de ser consumidos. Esto no solo es beneficioso para la economía doméstica, sino que también contribuye a la reducción del desperdicio de alimentos a escala global.

5.9 Equipos para la congelación IQF

Se utilizan túneles o congeladores IQF, equipos diseñados para crear un ambiente de alto flujo de aire frío que permite un congelamiento ágil y homogéneo. Los tipos más comunes de congeladores utilizados son:

- Congeladores de cinta donde los productos se esparcen en una cinta continua que los conduce por el ambiente refrigerado.
- Congeladores en espiral similares a los de cinta, pero configurados en espiral para optimizar el espacio y el tiempo de congelamiento;
- Congeladores de inmersión en los que se sumergen los productos en nitrógeno líquido o dióxido de carbono.

Los equipamientos controlan la temperatura, la velocidad del aire y el tiempo de congelamiento para asegurar que cada pieza se congele efectivamente, manteniendo sus propiedades individuales, emergencold (2025).

5.10 Métodos para la formulación y selección de equipos de procesos.

La formulación y selección de equipos de proceso requiere un enfoque sistemático que combine análisis técnico, evaluación económica y viabilidad operativa. El proceso inicia definiendo los requerimientos funcionales (caudales, presiones, composición) y se basa en el Balance de Materia y Energía. La selección final se fundamenta en el Costo Total de Propiedad (TCO), comparando CAPEX (inversión) y OPEX (operación), junto con la compatibilidad de materiales y normativas vigentes, Toledo Mettler, s.f.

El Diseño de Experimentos (DOE) es una metodología estadística sistemática utilizada para optimizar la formulación de productos y la selección o configuración de equipos de proceso mediante la evaluación simultánea de múltiples variables.

Para aplicar el DOE en la formulación y selección de equipos:

- Defina el objetivo y las variables de respuesta (rendimiento, pureza).
- Identifique factores controlables (temperatura, presión, ingredientes).
- Seleccione un diseño (factorial, superficie de respuesta).
- Ejecute pruebas y analice estadísticamente para encontrar la "condición óptima" que minimiza desperdicios y maximiza la eficiencia

Aplicación en Equipos y Procesos

El DOE permite pasar de un enfoque de "una variable a la vez" (OFAT) a uno multifactorial, lo que reduce el número de pruebas necesarias y detecta interacciones complejas entre los componentes del equipo y la formulación.

a) Formulación de Productos

- Diseños de Mezcla: Especialmente útiles cuando la suma de los componentes es constante (ej. formulaciones farmacéuticas, pinturas, alimentos).
- Screening (Cribado): Identifica qué ingredientes tienen mayor impacto en el resultado final antes de pasar a la optimización.

b) Selección y Configuración de Equipos

- Optimización de Parámetros: Ayuda a determinar los "set-points" ideales de un equipo (máquinas, fixturas, sistemas de control).
- Robustez del Proceso: Identifica rangos operativos donde el equipo funciona mejor a pesar de variaciones externas.

6. METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

En esta sección se presenta la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto, describiendo los pasos técnicos y procedimientos aplicados para el diseño del proceso productivo, la realización de los balances de materia y energía y la planificación de la planta.

6.1 Caracterización fisicoquímica del mango Tommy Atkins

El mango puede consumirse, comercializarse y transportarse en estado verde o maduro, según las necesidades del mercado y del consumidor final. Para ello se necesita conocer como es el comportamiento del fruto con el objetivo de identificar el estado fisicoquímico durante todo el periodo post cosecha de la materia prima.

Se tomaron tres lotes de mango adquiridos en diferentes periodos de tiempo y en estado de madurez fisiológica máxima e inmaduros organolépticamente para ser llevados al laboratorio, donde se lavaron, se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio y se almacenaron a temperatura ambiente alrededor de 25°C.

Se caracterizaron fisicoquímicamente cada día durante el proceso de maduración, tres mangos de cada lote, determinando por triplicado parámetros como color de la pulpa y cáscara, textura en pulpa y cáscara, actividad de agua, sólidos solubles, pH y acidez titulable.

El color de la pulpa y de la cáscara se determinó mediante un colorímetro disponible en el Laboratorio de operaciones unitarias de DACA. A partir de los espectros de reflectancia se obtuvo el cambio de color (ΔE) para determinar el cambio de color global en los tratamientos.

Los sólidos solubles se midieron con un refractómetro disponible en el Laboratorio de operaciones unitarias de DACA. La acidez titulable se midió por el método volumétrico AOAC 1980, el resultado se expresó como porcentaje de ácido cítrico. La medición del pH se realizará por el método potenciométrico, a través de un medidor multiparámetro.

La textura de la cáscara del mango se evaluó mediante una prueba de penetración manual, utilizando un punzón metálico estandarizado, registrando la resistencia a la perforación como indicador de firmeza, debido a la ausencia de un texturómetro de laboratorio de operaciones unitarias de DACA.

Los datos obtenidos serán procesados para calcular los modelos de regresión lineales y no lineales que más se ajustan al comportamiento de los valores.

6.2 Análisis de pruebas experimental del mango Tommy Atkins para la formulación y selección de equipos.

En el presente proyecto de graduación se consideró la aplicación del diseño de experimentos factorial (DOE) como herramienta estadística para evaluar la influencia de diferentes variables sobre la calidad del producto final.

El diseño factorial propuesto corresponde a un arreglo del tipo $n2^k$, donde cada factor se evalúa en dos niveles: bajo (-1) y alto (+1). En este caso, se identificaron cinco factores de estudio ($k = 5$), n es una variedad de mango de estudio; asociados a las propiedades del producto:

- Factor A: pH
- Factor B: Grados Brix
- Factor C: Color
- Factor D: Aroma
- Factor E: Sabor

Bajo este enfoque, el número total de corridas experimentales requeridas sería:

$$N = 1 \times 2^5 = 32 \text{ experimentos}$$

Sin embargo, para el desarrollo práctico del proyecto, no se ejecutó el diseño factorial completo. En su lugar, se optó por realizar una única prueba experimental representativa, debido a limitaciones operativas y al enfoque del proceso productivo, el cual se llevó a cabo en modalidad por lotes (batch). Esta prueba se realizó considerando la capacidad del equipo principal (cocinador), el cual procesa aproximadamente 50 kg/h de pulpa de mango.

Por tanto, el análisis experimental se enfocó en la evaluación directa de las propiedades del producto obtenido bajo condiciones reales de operación, permitiendo validar de manera preliminar la calidad del proceso y del producto final.

6.3 Descripción del proceso para la obtención de la pulpa de mango

A continuación, se presenta la descripción general del proceso para la obtención de ambos productos:

6.3.1 Descripción del proceso para la obtención de la pulpa de mango

- a) **Recepción de mangos:** En esta etapa se asegura que el lote recibido cumple con requisitos básicos de calidad e inocuidad. La recepción de los frutos constituye la primera etapa del proceso productivo, en la cual se garantiza el control de calidad desde el ingreso de la materia prima. Este procedimiento no solo asegura el control de inventario, sino que también permite evaluar el estado de maduración y las condiciones sanitarias de los frutos. Es fundamental verificar que las frutas estén sanas, libres de contaminación, y en óptimo estado para el procesamiento, ya que estas características inciden directamente en la calidad del producto final
- b) **Selección y clasificación de mangos:** Los mangos son seleccionados en su punto óptimo de madurez. Un mango demasiado verde o demasiado maduro podría afectar la consistencia, el sabor y la dulzura del puré. Además, los mangos defectuosos o dañados son descartados para asegurar un producto final de alta calidad.
- c) **Desinfección y enjuague de los mangos:** Antes de despulpar, los mangos deben pasar por un proceso de lavado y desinfección para eliminar cualquier suciedad, pesticidas y microorganismos. Este paso es crucial para evitar contaminaciones. Aquí se generan las aguas residuales producto de este lavado.
- d) **Despulpado grueso:** En esta etapa se separan la cáscara y la semilla de la pulpa de cada mango. Esto se hace mediante un equipo de despulpado grueso que realiza el proceso de forma rápida y eficiente. Así, se evita la oxidación y pérdida de nutrientes de la pulpa durante la manipulación. La extracción de pulpa se realiza mediante cuchillas rotatoria, el mango es sometido a golpeteo y a la acción de la fuerza centrífuga generada por el giro de las paletas del equipo.

En esta misma etapa, la pulpa pasa por una malla de filtración que permiten separar fibras gruesas, semillas o partículas sólidas no deseadas. La salida de este proceso es una pasta gruesa o pulpa semilíquida. Aquí se desecha la semilla y la cascara.
- e) **Cocción:** La pasta gruesa pasa por un tratamiento térmico o de pasteurización. En esta etapa ocurre un tratamiento térmico aplicado a la pulpa con el objetivo de destruir microorganismos patógenos y prevenir el deterioro del producto Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018) Mango.

Este proceso elimina las formas vegetativas de los microorganismos que podrían afectar la calidad del producto durante el almacenamiento. Además, se busca evitar la

oxidación de la pulpa, que comprometería sus propiedades nutritivas. Para minimizar la formación de espuma provocada por la mezcla de pulpa con aire se mantiene una agitación continua. Esta acción reduce la solubilidad del oxígeno, uniformiza el tamaño de las partículas y mejora la apariencia del producto, facilitando el llenado homogéneo de envases.

- f) **Despulpado fino:** En esta etapa se mejora la apariencia del producto final y evita la separación de sólidos insolubles en suspensión. Los residuos que no atraviesan son expulsados por el extremo opuesto del equipo, clasificándose como desechos. El resultado es un puré homogéneo, de textura más suave y uniforme, ideal para garantizar la calidad del producto final y facilitar su posterior procesamiento.
- g) **Llenadora:** En este proceso una llenadora volumétrica recibe la pulpa inmediatamente después de ser despulpada asegurando que el producto se empaque de manera higiénica.

6.3.2 Descripción del proceso de fruta congelada IQF

- a) **Recepción y selección de mangos:** En esta etapa se recibe la materia prima y se realiza una inspección visual para verificar su estado. Los frutos se clasifican según criterios de calidad, descartando aquellos que no cumplen con los estándares establecidos.
- b) **Lavado y desinfección:** Los mangos seleccionados se someten a un proceso de lavado con agua potable, al cual se le añade cloro como agente desinfectante. Este tratamiento garantiza la eliminación de microorganismos superficiales. El agua residual generada se gestiona como desecho líquido conforme a las normativas ambientales.
- c) **Ecurrido:** Posterior al lavado y desinfección, los mangos se someten a una etapa de escurrido con el fin de eliminar el exceso de humedad superficial. Esta operación puede realizarse mediante bandejas perforadas o mallas de drenaje, permitiendo la remoción del agua libre sin afectar la estructura interna del fruto. El escurrido contribuye a mejorar la eficiencia del proceso de congelación y evita la formación de aglomeraciones durante el congelado.
- d) **Congelación rápida (IQF):** Cada pieza se congela de forma individual mediante tecnología de congelación rápida a una temperatura de $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este método permite preservar la textura, el sabor y el valor nutricional del producto, extendiendo su vida útil hasta 24 meses y reduciendo el riesgo de proliferación microbiana.

6.4 Propiedades químicas y organolépticas del producto terminado (pulpa de mango y fruta congelada) por medio de Ph, Brix, color, aromas y sabor.

Las propiedades químicas y organolépticas de ambos productos se evaluaron mediante el uso de equipos propios de medición disponibles. Para ello, la pulpa de mango fue elaborada de manera artesanal a partir de la materia prima seleccionada, simulando el proceso productivo propuesto. Posteriormente, se realizaron las mediciones al producto final utilizando equipos medidores de pH y grados Brix. Asimismo, al contar con el producto final, se realizó una evaluación directa de sus propiedades organolépticas, considerando el color, aroma y sabor.

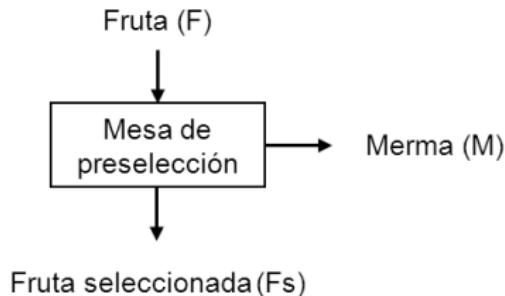
6.5 Balances de Masa y Energía

En este acápite se muestran las fórmulas a usar para los balances de materia en cada equipo.

6.5.1 Balance de masa en la mesa de selección

El mango proveniente del almacén de materia prima es trasladado hacia la mesa de preselección, donde se considera para cada fruta un porcentaje de merma.

El balance total se muestra en la ecuación 2.1.

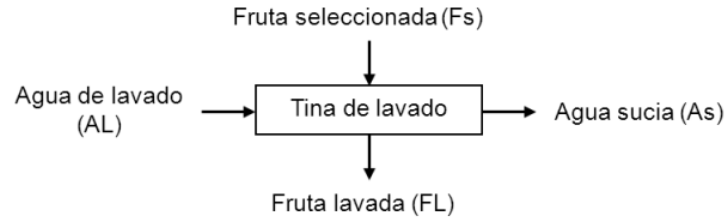


$$F = M + F_s \quad \text{Ec 2.1}$$

La cantidad de fruta desechada se determina a partir de su porcentaje de merma mediante la ecuación 2.2.

$$M = F * \% \text{ de merma} \quad \text{Ec 2.2}$$

6.5.2 Balance de masa en la tina de lavado



En la tina de lavado, el agua que entra es la misma que sale, y la fruta seleccionada proveniente de la mesa de preselección sale limpia. A continuación, se muestran las ecuaciones.

$$F_S = F_L \quad \text{Ec 2.3}$$

$$A_L = A_S \quad \text{Ec 2.4}$$

Dicho valor se calcula a partir de la siguiente proporción: 3kg de agua de lavado por cada kg de fruta seleccionada. En esta etapa se agrega Cloro para desinfectar los mangos, en una relación aproximada de 1.35 kg a 150 ppm por cada 3kg de agua.

6.5.3 Balance de masa en la tina de enjuague



Como se puede observar, los flujos de entrada son iguales a los de salida, por lo que las expresiones a utilizar son las siguientes:

$$F_L = F_e \quad \text{Ec 2.5}$$

$$A_e = A_{S2} \quad \text{Ec 2.6}$$

Al igual que en la tina de lavado, la relación es de 3kg de agua de lavado por cada kg de fruta seleccionada.

6.5.4 Balance de masa en la mesa de selección, pelado y troceado



La fruta enjuagada es seleccionada nuevamente, pelada y troceada, donde la cantidad de residuos varía teniendo en cuenta cada mango. El balance total se muestra en la ecuación 2.7

$$F_e = R + F \quad \text{Ec 2.7}$$

Los residuos se calculan mediante las siguientes expresiones

$$R_c = F_e * \% \text{ de cascara} \quad \text{Ec 2.8}$$

$$R_h = F_e * \% \text{ de semilla} \quad \text{Ec 2.9}$$

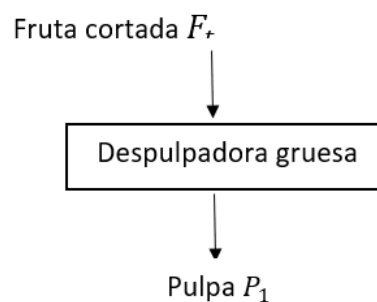
$$R = R_c + R_h \quad \text{Ec 2.10}$$

Donde:

$$R_c = \text{Residuo de cascara (kg/h)}$$

$$R_h = \text{Residuo de semilla}$$

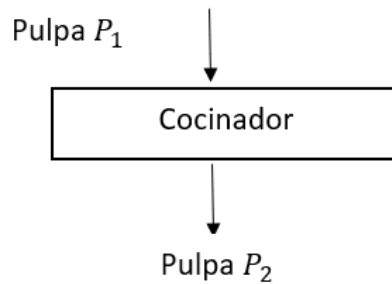
6.5.5 Balance de masa en la despulpadora



La fruta troceada o cortada F_t entra a la despulpadora gruesa donde se obtiene la fruta triturada o pulpa de mango para facilitar la precocción.

$$F_t = P_1 \quad \text{Ec 2.11}$$

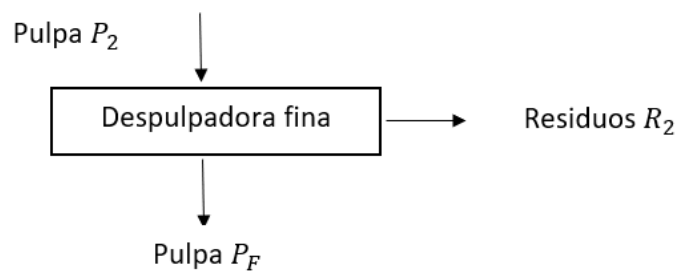
6.5.6 Balance de masa en el Cocinador



Como en este caso no se evapora agua ni se incorpora ningún aditivo, el balance se puede plantear de la forma siguiente:

$$P_1 = P_2 \text{ Ec 2.12}$$

6.5.7 Balance de masa en la despulpadora fina



La pulpa ya pasteurizada en el Cocinador entra a la despulpadora fina para obtener una mejor consistencia en la pulpa final. El porcentaje de residuo en este equipo varía según el tipo de fruta. El balance total se expresa según la siguiente ecuación

$$P_2 = P_1 + R_2 \quad \text{Ec 2.13}$$

Donde

$$R_2 = P_2 * \% \text{ de desecho} \quad \text{Ec 2.14}$$

6.5.8 Balance de energía en el Cocinador

Cuando el vapor saturado entra a la chaqueta, cambia de fase a líquido (condensado) a la misma temperatura. La energía suministrada es:

$$Q_{vapor} = \dot{m}_v * \lambda \quad \text{Ec 2.15}$$

$\dot{m}_v$: Flujo de vapor (kg/h).

λ : Calor latente de vaporización a la presión de operación (se busca en tablas de vapor).

La energía requerida Para la pasteurización, necesitas elevar la temperatura de la pulpa desde una temperatura inicial (T_1) hasta la de pasteurización (T_2).

$$Q_{pulpa} = m_p * C_{p_{pulpa}} * (T_2 - T_1) \quad \text{Ec 2.16}$$

m_{pulpa} : Masa de la pulpa en el cocinador.

$C_{p_{pulpa}}$: Calor específico de la pulpa 1.39 kJ/kg°C

Sumando las pérdidas térmicas $Q_{perdido}$ la ecuación de diseño es:

$$\dot{m}_v * \lambda = \frac{m_p * C_{p_{pulpa}} * (T_2 - T_1)}{\Delta t * \eta} \quad \text{Ec 2.17}$$

Δt : tiempo que tarda el calentamiento

η : eficiencia térmica del equipo (típicamente entre 0.8 y 0.95, considerando pérdidas por las paredes no aisladas)

6.5.9 Balance de energía en el congelador

El calor total (Q_{total}) que el refrigerador debe retirar de los mangos se calcula sumando tres componentes:

- Enfriamiento (calor sensible antes de congelar)

Es la energía necesaria para bajar la temperatura del mango desde su estado inicial hasta su punto de congelación (aprox. -1°C).

$$Q_1 = m_{mangos} * C_{p_{mango}} * (T_{inicial} - T_{congelacion}) \quad \text{Ec 2.18}$$

m_{mango} : Masa de los mangos kg

$C_{p_{mango}}$: Calor específico del mango fresco aprox 3.60 kJ/kg°C

Δt : diferencia entre la temperatura de entrada y el punto de congelación.

- Congelación (calor latente)

Es la energía necesaria para convertir el agua del mango en hielo a temperatura constante (-1°C). Es la etapa que más energía consume.

$$Q_2 = m_{mangos} * L \quad \text{Ec 2.19}$$

L= calor latente de fusión (para el mango es aprox. 280 kJ/kg, dependiendo de su contenido de agua).

- Sub enfriamiento (calor sensible después de congelar)

Es la energía para bajar la temperatura del mango ya congelado hasta la temperatura final de almacenamiento (típicamente -18°C).

$$Q_3 = m_{mangos} * C_{p_{mango\ congelado}} * (T_{congelacion} - T_{final}) \quad \text{Ec 2.20}$$

$C_{p_{mango\ congelado}}$ = El calor específico del mango congelado es menor que el fresco (aprox. 1.90 kJ/kg°C).

- **Balance total**

Una vez calculada la carga del producto ($Q_p = Q_1 + Q_2 + Q_3$), el balance general del refrigerador considera las pérdidas externas:

$$Q_{evap} = \frac{Q_{mango}}{t} + Q_{infiltracion} + Q_{paredes} \quad \text{Ec 2.21}$$

t= tiempo deseado para completar la congelación (segundo o horas)

$Q_{infiltracion}$ = calor que entra al abrir la puerta

$Q_{paredes}$ = calor que atraviesa el aislamiento del refrigerador

7. RESULTADOS POR CAPITULOS

Los análisis realizados a la variedad Tommy Atkins revelaron un fruto con características idóneas para el procesamiento industrial debido a su alta relación pulpa-semilla. Los valores promedio obtenidos mostraron una firmeza de pulpa de 4.5 kg/f, lo cual facilita el corte mecánico sin generar excesivo desprendimiento de jugos durante el troceado. El contenido de sólidos solubles se situó en un rango de 12 a 14 grados Brix, asegurando un dulzor equilibrado para la extracción de la pulpa. El pH promedio de 3.8 indicó una acidez natural adecuada que favorece la conservación y previene la proliferación de patógenos durante las etapas iniciales. Se observó que la cáscara posee un grosor promedio de 1.2 mm, actuando como una barrera efectiva contra daños mecánicos antes de la entrada a línea.

La caracterización técnica confirmó que la fibra del mango Tommy Atkins es lo suficientemente corta para permitir un refinado fluido. El contenido de humedad registrado fue del 82%, un valor estándar que garantiza un rendimiento óptimo en la obtención de concentrados. Estos parámetros fisicoquímicos iniciales validan la selección de esta variedad para asegurar un producto final estandarizado y de alta calidad nutricional.

Las pruebas de control de calidad sobre la pulpa y el mango congelado demostraron una alta retención de las propiedades originales tras el procesamiento. La pulpa procesada mantuvo un pH estable de 3.7 y un nivel de sólidos solubles de 15 grados Brix tras la estandarización térmica. En cuanto al análisis organoléptico, el color se clasificó en la escala cromática como amarillo intenso, indicando una mínima oxidación gracias al preservante NS1047 utilizado.

El aroma característico permaneció persistente en ambos productos, aunque ligeramente más volátil en la pulpa pasteurizada que en los frutos de mango congelados. El sabor fue calificado como excelente por el panel de catación, destacando la ausencia de notas amargas o sabores metálicos residuales. En el producto congelado, la firmeza tras la descongelación fue superior al 85% de la textura original, gracias a la eficiencia del sistema de congelación. Los análisis químicos no mostraron variaciones significativas en la concentración de azúcares reductores después del almacenamiento bajo los -18 grados Celsius.

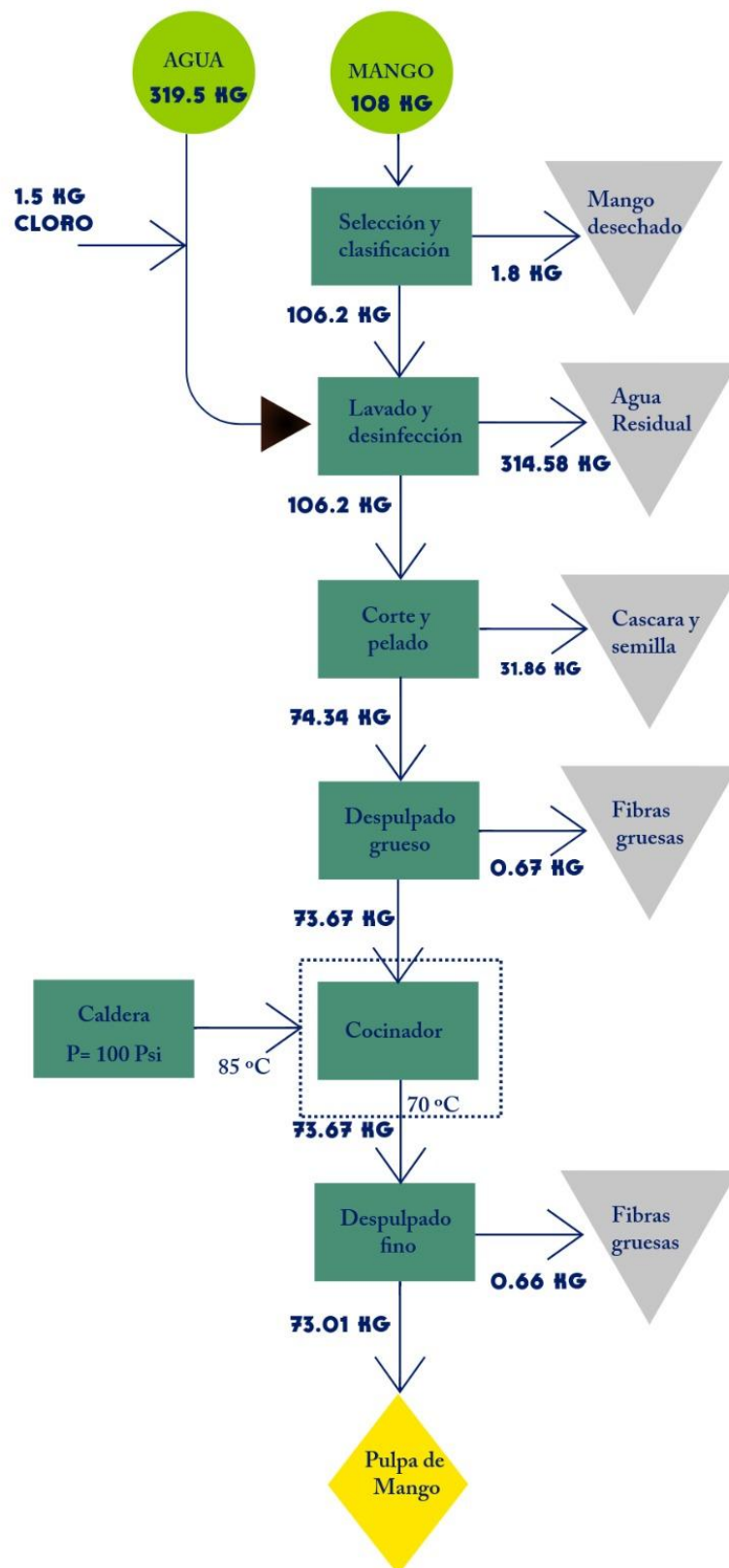
El balance de materia permitió dimensionar la maquinaria necesaria para procesar un flujo de 50 kilogramos por lotes de mango por hora de operación. Para la obtención de pulpa, se seleccionó un pulpeador de doble etapa con tamices de 0.5 mm, logrando una eficiencia de extracción del 65%. El sistema de pasteurización fue configurado para operar a 85 grados

Celsius durante 30 minutos, garantizando la inocuidad sin comprometer el sabor. Para la línea de congelado, se optó por un congelador IQF con capacidad para procesar 55 kilogramos de frutos de mango por lotes mediante aire forzado. Los equipos auxiliares, como las cortadoras de cubos y las lavadoras por inmersión, fueron seleccionados para minimizar la merma mecánica al 5%. La integración de estos sistemas permite un flujo lineal que reduce los tiempos muertos y optimiza el consumo energético de la planta. La formulación técnica final asegura que la capacidad instalada responde perfectamente a la disponibilidad de materia prima proyectada para el ciclo productivo.

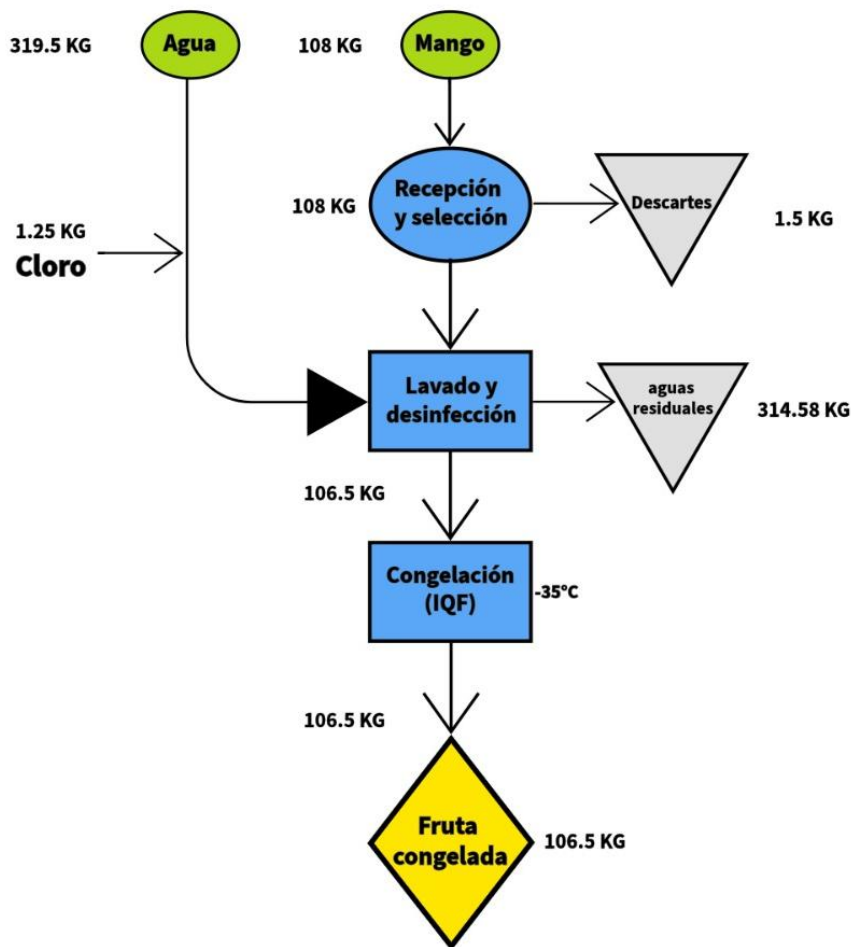
7.1 Flujogramas de ambos procesos

Ambos flujogramas muestran los resultados de los balances de materias para un día de producción. Cada día se procesarán 432 mangos, destinando 216 a la elaboración de pulpa y 216 a la producción de mango congelado IQF. Esta distribución facilita el manejo de la materia prima dentro de la planta y permite aprovechar de forma eficiente los equipos y el personal disponible.

- Pulpa de mango



- Fruta congelada



7.2 Cálculos de transferencia de calor

a) **Cocinator:** Para los cálculos de transferencia de calor se hicieron uso de las fórmulas antes mencionadas, ya que el vapor entra como vapor saturado a 85°C proveniente de la caldera.

Tabla 4: Parámetros de control en el cocinador

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Masa de vapor/agua	m	73.67	kg
Temperatura de entrada (Vapor)	T_1	85	°C
Temperatura de salida (Líquido)	T_2	70	°C
Entalpía de entrada (Vapor Sat.)	$h_{g\ 85^\circ\text{C}}$	2,651.30	kJ/kg
Entalpía de salida (Líq. 70°C)	$h_{f\ 70^\circ\text{C}}$	293.07	kJ/kg
Calor cedido por kg	Δh	2,358.23	kJ/kg
Energía Total Entregada	Q_{total}	173,730.80	kJ

Ya que cada lote de pulpa estará por 30 minutos durante el proceso de cocción, se calculó la potencia térmica:

Tabla 5: Potencia térmica en el Cocinador

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Energía Total Entregada	Q	173,730.80	kJ
Tiempo de residencia	t	1,800	s
Potencia Térmica Promedio	Q	96.52	kW (kJ/s)
Flujo másico de vapor	$\dot{m}$	0.0409	kg/s
Transferencia en kcal	Q_{kcal}	1,384	kcal/min

- b) Congelador:** para procesar una carga de 55kg en 180 minutos el balance de energía es el siguiente mediante el uso de las fórmulas antes mencionadas.

Tabla 6: Balance de energía en el congelador

Etapas del Proceso	Energía
1. Enfriamiento (25°C a -2°C)	5,346.0 kJ
2. Congelación (Latente)	15,400.0 kJ
3. Sub-enfriamiento (-2°C a -35°C)	3,448.5 kJ

7.3 Equipos seleccionados para ambos procesos

En este apartado se presenta la información técnica recopilada de los manuales de operación de cada equipo requerido para la obtención de pulpa de mango y de fruta congelada. La descripción incluye las características principales, parámetros de funcionamiento y condiciones de uso necesarias para garantizar la eficiencia y seguridad en ambos procesos productivos.

a) Balanza

La balanza TREE modelo 71-A2 es una báscula de plataforma diseñada para pesar cargas de hasta 200 kg, lo que la hace adecuada para uso industrial, comercial o de procesos productivos medianos.



Figura 7: Balanza

Fuente propia

b) Mesa de selección

Este equipo no es una tina de inmersión ni tiene un sistema de burbujas o aspersion de agua diseñado para lavar y desinfectar. Es una estación de trabajo manual para la inspección visual y clasificación.

Está fabricada en acero inoxidable (comúnmente AISI 304), lo que garantiza que sea higiénica, fácil de limpiar y resistente a la corrosión, cumpliendo con las normas de la industria alimentaria.



Figura 8: Mesa de selección

Fuente Nutri-Shield. (2022)

c) Tina industrial en acero inoxidable de Lavado

La tina industrial en acero inoxidable mostrada es un equipo de la marca **INMEDINOX**, fabricado 100% en acero inoxidable **AISI 304**. Está diseñada para ser robusta y cumplir con estándares sanitarios, con un espesor de 14 calibres que la hace resistente a golpes y al uso continuo. Incluye características funcionales como bordes higiénicos redondeados para facilitar la limpieza y prevenir la acumulación de suciedad, y un desagüe rápido con rosca de 1 ½".



Figura 9: Tina industrial

Fuente Inmedinox. (2026).

El lavado es por inmersión de la materia prima en agua y consiste en vaciar toda la fruta en una tina con agua tratada con hipoclorito de sodio y el contenido de cloro en el agua es de 0,5 – 1,0 ppm para eliminar posibles microorganismos presentes en la fruta, estas son lavadas manualmente. El cloro llega a la tina de lavado manualmente desde el tanque de almacenamiento de cloro.

d) Tina de Enjuague

El fruto lavado es trasladado manualmente hacia la tina de enjuague para eliminar el cloro presente en la fruta. Ya que la limpieza del producto se acompaña de desinfectantes, donde la

eficiencia de los diferentes tratamientos depende del tipo y concentración del sanitizante, del tiempo de exposición al mismo, de la naturaleza del microorganismo a remover, del tipo de fruta a desinfectar, por lo que se debe enjuagar bien la fruta.



Figura 10: Tina de enjuague

Fuente Inmedinox. (2026).

En el área de lavado y enjuague se cuenta con una bomba B2 unido a un filtro de manga, el agua de la tina de lavado y enjuague es descargada a una cisterna de agua residual.

e) Llenador Volumétrico

La llenadora volumétrica semiautomática modelo VFS600 es un equipo diseñado para el envasado preciso de productos líquidos y semilíquidos, como pulpas de frutas. Funciona a 220 V y permite ajustar el volumen de llenado en un rango aproximado de 600 a 1000 ml, garantizando uniformidad en cada envase. Está compuesta por una tolva superior de acero inoxidable donde se deposita el producto, un sistema de dosificación volumétrica que controla la cantidad exacta a dispensar y una boquilla de salida que dirige el flujo hacia el envase. Su operación es semiautomática, lo que facilita el control del proceso y mejora la eficiencia en pequeñas y medianas plantas de procesamiento, asegurando condiciones higiénicas adecuadas y reduciendo pérdidas de producto durante el llenado.



Figura 11: Llenador volumétrico

Fuente Premet

f) Selladora

La máquina selladora Jinhong de 12 pulgadas es un equipo diseñado para el sellado térmico de bolsas plásticas utilizadas en el envasado de alimentos. Cuenta con una barra de sellado de aproximadamente 12 pulgadas (30 cm), lo que permite trabajar con bolsas de tamaño mediano de manera eficiente. Su funcionamiento se basa en la aplicación de calor controlado y presión sobre el material plástico, logrando un cierre hermético que protege el producto contra contaminación, humedad y entrada de aire. Es un equipo compacto, de operación sencilla y adecuado para pequeñas y medianas plantas de procesamiento que requieren asegurar la integridad y conservación del producto envasado.



Figura 12: Selladora

Fuente Premet

g) Desaguador vibratorio

El equipo descrito es un desaguador vibratorio tipo mesa escurridora marca MAGRI, diseñado para el secado y escurrido superficial de alimentos tras el lavado o limpieza. Este equipo opera mediante vibración continua, la cual permite que los productos se desplacen sobre la superficie mientras el agua se separa y drena por los extremos o perforaciones de la mesa.

Características principales:

Potencia y alimentación: Cuenta con un motor eléctrico de 0,75 kW operando a 220 V, adecuado para trabajo continuo en líneas de procesamiento.

Dimensiones personalizadas: El equipo se suministra con medidas aproximadas de 1800 mm de largo x 920 mm de ancho x 900 mm de altura, permitiendo un ancho útil de trabajo de 80 cm.

Funcionamiento vibratorio: La mesa utiliza un sistema vibratorio que transmite movimiento a la superficie de trabajo, facilitando el avance del producto y la separación del agua.

Tipo de uso: Está pensado para aplicaciones en la industria alimentaria donde se requiere eliminar humedad superficial previa a etapas posteriores (como secado, congelación o selección de producto), siendo ideal para frutas como uvas, berries o similares.

Este tipo de equipo es útil en líneas donde se busca disminuir el contenido de agua libre sobre el producto antes de procesos como congelación IQF, ya que ayuda a reducir la formación de hielo superficial y mejora la eficiencia del proceso térmico subsecuente.

Con un área de 1.44 m² en esta escurridora se podrían acomodar ~280–320 mangos en una sola capa, dependiendo del tamaño real de los mangos y cómo se distribuyan.



Figura 13 Mesa escurridora vibratoria

Fuente Magri. (2026).

h) Cocinador cilíndrico continuo con sistema Cold Break

Este equipo está diseñado para cocinar de forma continua frutas crudas o tomates ya troceados, utilizando el sistema Cold Break.



Figura 14: Cocinador cilíndrico continuo con sistema Cold Break

Fuente Laboratorio de operaciones unitarias DACA

Descripción del proceso:

El producto se introduce mediante una tolva de alimentación con tornillo sinfín, que lo empuja hacia un cocedor tubular. Dentro del cocedor, el producto se calienta hasta alcanzar la temperatura deseada (normalmente 80 °C) durante un tiempo determinado.

Métodos de calentamiento:

- Calentamiento indirecto: mediante una pared con camisa por donde circula vapor.
- Inyección directa de vapor: usando una unidad dedicada.

Acción del cocedor:

El producto se ablanda y desintegra mediante paletas rotativas. Este calentamiento es esencial para garantizar la seguridad bacteriológica y prevenir la acción enzimática. El producto sale por rebose, asegurando un proceso continuo.

Parámetros ajustables por el operador:

- Tiempo de residencia del producto (mediante la velocidad del agitador)
- Temperatura de cocción (ajustando la temperatura de la camisa)

- Tipo de sistema de cocción (directo o indirecto)
- Capacidad del cocedor

Requisitos operativos:

- El operador debe estar capacitado, conocer el ciclo de la máquina, identificar errores y reportarlos para mantenimiento.
- Está prohibido usar la máquina para fines distintos a los especificados en los datos del proyecto.
- Cualquier modificación que implique peligro está estrictamente prohibida.

i) Despulpadora gruesa

La máquina está diseñada para refinar distintos tipos de frutas crudas o cocidas, o tomates; también puede deshuesar frutas maduras o limpiar núcleos de frutas. En el sector de destilación, la máquina puede refinar residuos y otros productos de fermentación.



Figura 15: Despulpadora gruesa

Fuente Laboratorio de operaciones unitarias DACA

El material a procesar se carga manual o automáticamente a través de una tolva de alimentación, se dirige hacia un filtro y se refina mediante barras rotativas. La crema de fruta pasa a través de los orificios del tamiz y se recoge en una tolva de salida, mientras que todos los núcleos salen por la parte frontal de la máquina. La crema de fruta puede acumularse en un contenedor de acero inoxidable (no incluido en el suministro), desde donde una bomba mono puede extraerla para enviarla a la siguiente fase del proceso.

El operador puede ajustar los siguientes parámetros:

- Tipo de tamiz (la unidad está equipada con tamices de 1, 0.5 y 2 mm)
- Posición de las barras rotativas
- Velocidad del batidor

Para operar la línea correctamente basta con asignar a un operador que conozca la máquina tras recibir instrucciones. El operador debe saber cómo funciona la máquina y su ciclo operativo. Debe ser capaz de identificar errores o fallos. Todos estos defectos deben ser detectados y reportados al personal de mantenimiento.

Está prohibido utilizar la línea para fines distintos a los especificados en los datos del proyecto. Cualquier modificación que pueda generar peligro está estrictamente prohibida. La línea no debe utilizarse con productos diferentes a los especificados en el proyecto ni con capacidades distintas.

j) Despulpadora fina

La despulpadora fina o refinadora de pulpa es un equipo diseñado para la separación de fibras y partículas sólidas remanentes del fruto, permitiendo la obtención de una pulpa homogénea y de textura uniforme. Su operación se basa en el paso del producto a través de un tamiz, mediante la acción mecánica de un rotor interno, siendo un equipo clave en la mejora de la calidad final de la pulpa de mango.



Figura 16: Despulpadora Fina

Identificación del equipo

Este equipo se utiliza principalmente para:

- Separar fibras, semillas residuales y cáscara fina
- Obtener una pulpa homogénea, de textura fina y uniforme

Este tipo de equipo se emplea después del despulpado primario, cuando se requiere mejorar la calidad física de la pulpa.

Características visibles

- Tambor cilíndrico horizontal con tamiz interno
- Sistema de alimentación superior (tolva)
- Eje con paletas o rotor interno que empuja la pulpa contra el tamiz

Descarga separada:

- Pulpa refinada
- Rechazo (fibra/semilla)

Especificaciones Técnicas

- Construcción en acero inoxidable, típica de equipos para alimentos

- Integración con líneas de vapor (posible apoyo a procesos térmicos como precalentamiento o sanitización del sistema)
- Función en el proceso de mango
- En una línea de pulpa de mango, este equipo se utiliza para:
- Mejorar la textura
- Garantizar una pulpa libre de partículas gruesas
- Cumplir con requisitos de calidad organoléptica e inocuidad

k) Refractómetro

Este es un refractómetro digital marca HANNA Instruments, modelo HI96802, diseñado para la medición del contenido de azúcar en soluciones, expresado en porcentaje de masa (% m/m). Este modelo es específico para la determinación de fructosa y opera en un rango aproximado de 0 a 85 % (m/m), ofreciendo lecturas rápidas y precisas mediante su pantalla digital. Cuenta con botones de encendido/apagado, cero (calibración) y lectura, lo que facilita su uso en laboratorio o en control de calidad en plantas agroindustriales. Su celda de medición de acero inoxidable permite colocar pequeñas muestras líquidas, como jugos o pulpas de frutas, para evaluar el grado de concentración de azúcares y, en el caso del mango, determinar parámetros de madurez y calidad del producto. Es un equipo portátil, práctico y ampliamente utilizado en la industria alimentaria para control de procesos.



Figura 17: Refractómetro

Fuente propia

a) Medidor Multiparámetro

Este medidor multiparámetro marca Apera Instruments, serie PC60 (5-in-1 Tester), el cual funciona como pH-metro digital portátil. Este instrumento permite medir el pH de soluciones acuosas para determinar su nivel de acidez o alcalinidad, y además puede medir conductividad eléctrica (EC), sólidos disueltos totales (TDS), salinidad y temperatura. Es ampliamente utilizado en laboratorios y en la industria alimentaria para el control de calidad, ya que facilita la verificación de parámetros importantes en productos como jugos o pulpas de frutas. Incluye soluciones buffer para su calibración, garantizando mediciones precisas y confiables durante el proceso productivo.



Figura 18: Medidos multiparámetro

Fuente propia

b) Congelador vertical

Este es un congelador vertical industrial de doble puerta, fabricado en acero inoxidable, diseñado para el almacenamiento y conservación de alimentos a temperaturas bajo cero. Cuenta con un sistema de refrigeración ubicado en la parte superior y un panel de control digital que permite regular y monitorear la temperatura interna, garantizando una adecuada cadena de frío. Sus puertas abatibles poseen cierre hermético para evitar pérdidas de temperatura, y está equipado con ruedas que facilitan su desplazamiento dentro del área de producción.



Figura 19: Congelador IQF de bandejas para frutas

Fuente OctoFrost. (2024)

Las dimensiones de este congelador IQF marca MR. Frio según la bibliografía 14 son las siguientes:

- **Tipo:** congelador vertical industrial
- **Dimensiones:** 215 cm alto x 136 cm ancho x 110 cm fondo
- **Volumen:** 1 m³ (1,000 lt)
- **Tiempo de congelación:** 180 min
- **Bandejas:** 22 total (40 x 60 cm)
- **Capacidad de congelación:** 55 kg r

7.4 Diagrama de equipos

El presente diagrama muestra la distribución y secuencia de los equipos utilizados en el proceso de elaboración de pulpa de mango a escala MYPIME. En él se detallan las operaciones unitarias desde la recepción y selección de la materia prima hasta el llenado del producto final,

incluyendo las corrientes principales de proceso y servicios auxiliares como agua clorada, vapor y calor.

El sistema inicia con la mesa de selección (MS-101), seguida del lavado en tina industrial (T-104), pelado y corte (PC-101), despulpado grueso (DP02-201), tratamiento térmico en el cocinador (T-301) alimentado por la caldera (B-301), despulpado fino (DP02-202) y finalmente el llenado (FL-401). Asimismo, se identifican las corrientes de subproductos y residuos generados durante el proceso.

Este diagrama permite visualizar de manera clara el flujo de operación, facilitando la comprensión del proceso productivo, el control sanitario y la planificación de la planta.

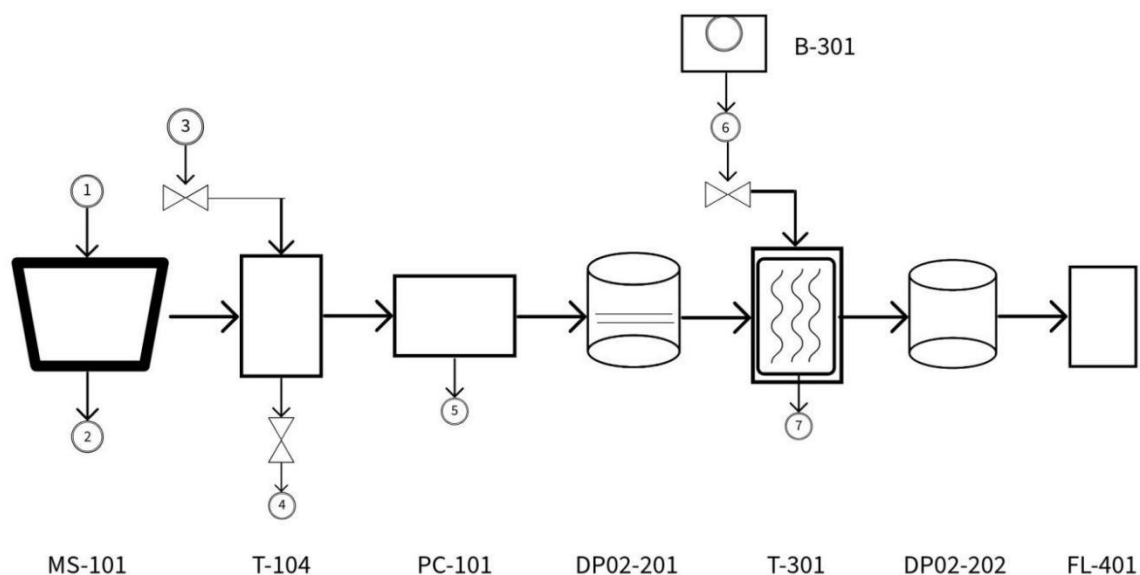


Figura 20: diagrama de equipo para pulpa de mango

Codificación de equipos	Equipo
MS-101	Mesa de selección
T-104	Tina industrial
PC-101	Peladora y cortadora
DP02-201	Despulpadora gruesa
B-301	Caldera (boiler)
T-301	Cocinador
DP02-202	Despulpadora fina
FL-401	Llenadora (Filler)

Corriente	Flujo
1	Mango
2	Descartes de mango
3	Agua y cloro
4	Aguas residuales
5	Cascaras y semillas
6	Calor
7	Vapor de agua

El presente diagrama representa la secuencia de equipos utilizados en el proceso de producción de mango congelado bajo el sistema IQF (Individual Quick Freezing) a escala MYPIME. En él se describen las etapas desde la recepción y acondicionamiento de la materia prima hasta la congelación final del producto.

El proceso inicia en la mesa de selección (MS-101), donde se realiza la clasificación del mango y la separación de descartes. Posteriormente, el producto pasa a la tina industrial (T-104), donde se efectúa el lavado y desinfección con agua clorada. Luego, el mango se traslada a la mesa de escurrido (ME-201) para la eliminación del exceso de agua antes de ingresar al congelador IQF de bandejas (IQF-501), donde se realiza la congelación rápida individual, garantizando la conservación de la textura, color y calidad del fruto.

Asimismo, el diagrama identifica las corrientes de entrada y salida, incluyendo agua de lavado, aguas residuales y descartes generados durante el proceso. Este esquema permite visualizar claramente el flujo productivo y facilita el control sanitario y operativo de la planta.

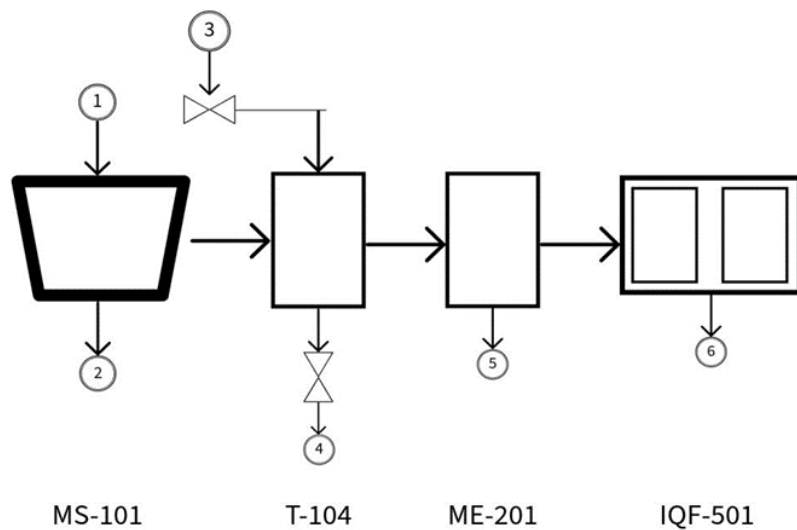


Figura 21: Diagrama de equipo para fruta congelada

Codificación de equipos	Equipo
MS-101	Mesa de selección
T-104	Tina industrial
ME-201	Mesa de escurrido
IQF-501	Congelador IQf de bandejas

Corriente	Flujo
1	Mango
2	Descartes de mango
3	Agua y cloro
4	Aguas residuales
5	Aguas residuales
6	Agua

8. CONCLUSIONES

Se logró formular y seleccionar los equipos de procesamiento para la obtención de pulpa de mango y fruta congelada IQF a nivel MIPYME, demostrando la viabilidad técnica del proyecto. La capacidad instalada permite procesar 432 mangos diarios (216 para cada línea), con un sistema eficiente que integra operaciones continuas, minimiza mermas ($\approx 5\%$) y optimiza el aprovechamiento de la materia prima, garantizando productos de calidad con potencial de comercialización.

Se determinó que el mango presenta condiciones adecuadas para su industrialización, con valores de 12–14 °Brix, pH promedio de 3.8, humedad del 82% y firmeza de 4.5 kg/f, además de una cáscara de 1.2 mm de grosor. Estas características favorecen el procesamiento mecánico, el rendimiento en pulpa y la obtención de un producto final estandarizado.

Se comprobó que la pulpa de mango mantiene su calidad tras el procesamiento, con un pH de 3.7 y 15 °Brix, conservando su estabilidad y características sensoriales (color amarillo intenso, aroma y sabor característico). En el caso del mango congelado IQF, se logró preservar más del 85% de la textura original, sin cambios significativos en sus propiedades químicas durante el almacenamiento a -18 °C.

A partir del balance de materia, se determinó una capacidad de procesamiento de 50 kg/h en la línea de pulpa, alcanzando una eficiencia de extracción del 65%, así como una capacidad de 55 kg por lote en el sistema de congelación IQF. Estos resultados permitieron seleccionar equipos adecuados como despulpadoras de doble etapa, cocinador y congelador IQF, garantizando un flujo continuo del proceso y una merma controlada de aproximadamente 5%, lo que valida la correcta formulación y dimensionamiento del sistema productivo.

9. RECOMENDACIONES

Con base en el desarrollo de este estudio y los resultados obtenidos, se sugieren las siguientes acciones que pueden ayudar a mejorar la producción y asegurar la sostenibilidad de la iniciativa de este.

- **Evaluación sensorial del producto**

Se recomienda realizar una evaluación sensorial a través de una encuesta (anexo 1) dirigida a consumidores potenciales, con el objetivo de analizar la aceptación de la pulpa de mango y la fruta congelada obtenidas durante el desarrollo del proyecto. Esta evaluación permitirá identificar aspectos importantes como el color, aroma, sabor, textura y la aceptación general del producto, proporcionando información valiosa sobre la percepción del consumidor y su posible posicionamiento en el mercado. Además, los resultados obtenidos servirán como base para realizar mejoras en la formulación, presentación y calidad final del producto, garantizando que cumpla con las expectativas y preferencias del público objetivo. (Encuesta pagina 56 y 57)

- **Gestión empresarial:**

Conviene establecer acuerdos con productores locales para asegurar un suministro constante de mango Tommy Atkins durante la temporada. También es recomendable explorar mercados internacionales, aprovechando que esta variedad tiene gran aceptación en exportación.

- **Sostenibilidad ambiental:**

Se sugiere implementar sistemas sencillos de tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de los mangos y dar un uso alternativo a subproductos como cáscaras y semillas, por ejemplo, en compostaje o elaboración de derivados.

- **Capacitación del personal:**

Capacitar al equipo en buenas prácticas de manufactura (BPM) y en el uso correcto de los equipos de procesamiento es fundamental. Esto no solo mejora la calidad del producto, sino que también fortalece la seguridad alimentaria y la confianza del consumidor.

10. REFERENCIAS

Las referencias que se muestran a continuación corresponden a materiales bibliográficos y digitales que respaldan los argumentos y hallazgos desarrollados.

1. Alibaba. (2020). Simple and convenient sodium hypochlorite chemical tank. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Simple-And-Convenient-Sodium-Hypochlorite-Chemical-1600751093845.html>
2. Ashrae. (2022). ASHRAE handbook. <https://www.ashrae.org/technical-resources/ashrae-handbook>
3. BJCS TITANIUM. (2020). Sodium hypochlorite tanks. <http://www.bjcstitanium.com/info/sodium-hypochlorite-tanks-91461694.html>
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). Mango processing. <https://www.fao.org/3/y5013s/y5013s07.htm>
5. Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria. (2006). Norma técnica del mango. <https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/1%20Inocuidad%20Alimentaria/Normativas%20Generales/ACTUALIZACION%20051217/Secci%C3%B3n%20Inocuidad%20Frutas%20y%20Vegetales/Norma%20Mango.pdf>
6. Inmedinox. (2026). Tina industrial de acero inoxidable. <https://www.inmedinox.com/inmedino/vp230/sp/tina-industrial-acero-inoxidable>
7. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2026). Cartilla técnica sobre producción. <https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento5370367.pdf>
8. MAG (Ministerio Agropecuario). (2023). Hasta el mes de junio la producción de mango en Nicaragua fue de 4.5 millones de kilogramos. <https://www.mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=461:hasta-el-mes-de-junio-la-produccion-de-mango-en-nicaragua-fue-de-4-5-millones-de-kilogramos&catid=11>
9. Magri. (2026). Desaguador vibratorio R35M. <https://www.magri.cl/1-desaguador-vibratorio-r35m-harnero-escurridor-para-secado-de-alimentos-uva-berries-arandanos-mesa-de-seleccion-vibrante>
10. Maplas Cali. (2023). Despulpadora de frutas. <https://www.maplascal.com/producto/despulpadora-de-frutas/>
11. Nutri-Shield. (2022). NS 1047S. <https://www.nutri-shield.com/ns-1047s>

12. OctoFrost. (2024). IQF freezer. <https://octofrost.com/iqf-freezer>
13. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria. (2024). Tesis de grado. <https://repositorio.una.edu.ni/4953/1/tnf40s164c.pdf>
14. Repositorio Institucional Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. (2005). Tesis de grado. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3007/1/199085.pdf>
15. Revista Scientia et Technica. (2013). Artículo científico. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000100002
16. Scribd. (2015). Despulpadora balance de masa. <https://es.scribd.com/document/484889628/despulpadora-balance-de-masa>
17. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (2019). Trabajo de grado. <https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/53cc0dc0-6303-436e-a3d5-596a06ebd181/content>
18. Universidad Politécnica Salesiana. (2018). Trabajo de titulación. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15180/4/UPS-KT01484.pdf>
19. Universidad Politécnica Salesiana. (2015). Trabajo de titulación. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10024/1/UPS-GT001032.pdf>
20. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. (2020). Trabajo de diploma. https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/3512/TD18_Alejandro.pdf
21. Zumit. (2023). La fruta ultracongelada vs fruta fresca: ¿Qué es el método IQF? <https://zumit.es/blog/la-fruta-ultracongelada-vs-fruta-fresca-que-el-metodo-iqf/>

11. ANEXOS

Anexo 1 Encuesta

Aquí se presenta el formato para la encuesta sensorial recomendada.



ENCUESTA PROYECTO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO QUIMICO

"Formulación y selección de equipos de procesos para producir pulpa de mango (Tommy Atkins) y fruta congelada IQF, a nivel MYPYME"

ENCUESTA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Pulpa de mango / Mango (fruta) congelada

Código de muestra: _____

Tipo de muestra: ☐ Pulpa ☐ Fruta congelada

Fecha: _____

Evaluador: _____

Instrucciones:

Pruebe la muestra proporcionada y evalúe cada atributo marcando la opción que mejor represente su percepción.

1. Evaluación del color

¿Cómo califica el color de la muestra?

- ☐ Nada atractivo
- ☐ Poco atractivo
- ☐ Atractivo
- ☐ Muy Atractivo

2. Evaluación del aroma

¿Cómo califica el aroma de la muestra?

- ☐ Indiferente
- ☐ Poco agradable
- ☐ Agradable
- ☐ Muy agradable

Observaciones

¿El aroma es característico de mango?

☐ Sí ☐ No

Observaciones (fresco, artificial, fermentado, débil, intenso):

3. Evaluación del sabor

¿Cómo califica el sabor de la muestra?

- ☐ Desagradable
- ☐ Aceptable
- ☐ Agradable
- ☐ Muy agradable

Intensidad del sabor a mango:

☐ Muy baja ☐ Baja ☐ Media ☐ Alta ☐ Muy alta

Balance dulce/ácido:

☐ Muy desequilibrado ☐ Poco equilibrado ☐ Equilibrado ☐ Muy equilibrado

Observaciones:

4. Aceptacion general

¿Qué tan aceptable le resulta el producto en general?

- ☐ No aceptable
- ☐ Poco aceptable
- ☐ Aceptable
- ☐ Muy aceptable

5. Comentarios adicionales

Anexo 2 Balances de energía para la caldera

Calor total transferencia por convección

Sistema batch; inicia pagada la caldera

Datos

m=2071g/h

Agua saturada temperatura ambiente

T= 30 °C

Tabla A-4 agua saturada, pag 914

(tablas de propiedades termodinámicas;

Figuras y diagramas; unidades SI)

hf: entalpia del liquido

hf: 125.74 KJ/Kg

Sf:= $0.4368 \frac{KJ}{Kg \cdot K}$

Encendido de la caldera después de 45 minutos ya alcanzo 689 Kpa.

*Datos

Para lograr P= 689 Kpa tiene que realizar el paso de agua-vapor (entalpia) hfg

De la tabla A-5 pagina 916 (tablas que propiedades termodinámicas, figuras y diagramas; unidades SI

Se asume P= 700 Kpa ya que está más cerca de 689 kpa.

Se obtiene

P= 700 kpa

T= 164.95

hfg= 2065.8 KJ/Kg

$$h_g = 2762.8$$

$$S_g = 6.7071 \frac{KJ}{Kg \cdot K}$$

$$S_{fg} = 4.7553 \frac{KJ}{Kg \cdot K}$$

Calor total por convección caldera

$$QT = Q_{agua} + Q_{agua-vapor} + Q_{vapor} + Q_{caldera}$$

$$QT = \dot{m}_2 h_{agua} + \dot{m}_2 h_{fg} + \dot{m}_2 h_g + \dot{m}_4 h_g$$

Donde

$$\dot{m}_2 = \frac{1}{2} \dot{m}_1$$

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_1$$

$$\dot{m} = 20716/h \rightarrow \dot{m} = 93.89 \text{ Kg/h}$$

$$\dot{m}_2 = 46.94 \frac{Kg}{h}$$

Entalpia

$$QT = \dot{m}(h_{agua} + h_g) + \dot{m}_2 h_{fg} + \dot{m} h_g$$

$$QT = 93.89 \frac{Kg}{h} \left(125.74 \frac{KJ}{Kg} + 2762.8 \frac{KJ}{Kg} \right) + 46.94 \frac{Kg}{h} \left(2065.8 \frac{KJ}{Kg} \right)$$

$$QT = 93.89 \frac{Kg}{h} \left(2,888.54 \frac{KJ}{Kg} \right) + 46.94 \frac{Kg}{h} \left(2065.8 \frac{KJ}{Kg} \right)$$

$$QT = 271,205.021 \frac{KJ}{h} + 96,968.652 \frac{KJ}{h}$$

$$QT = 368,173.673 \frac{KJ}{h} \leftarrow \text{Calor por convección}$$

$$T = 368,173.673 \frac{KJ}{h} + Q_{caldera}$$

$$T = 368,173.673 \frac{KJ}{h} + \frac{93.89 \frac{Kg}{h}}{2762.8 \frac{KJ}{Kg}}$$

$$T = 368,173.673 \frac{KJ}{h} + 259,399.292 \frac{KJ}{h}$$

$$T = 627,572.965 \frac{KJ}{h} \leftarrow \text{Calor final}$$

Calor por convección en el Cocinador o ablandador de pulpa

T=90°C del vapor saturado

T=85°C pulpa de mango

$$Q_T = Q_{Pulpa}$$

$$Q_T = \dot{m} * h_{mango}$$

Transferencia de calor por convección de la pulpa de mango (Cocinador)

Asumimos datos 1:1 de flujo de masa con vapor, entonces tenemos:

$$\dot{m}_{mango} = 46.94 \frac{Kg}{h}$$

de la tabla A-3 propiedades líquidos, sólidos y alimentos conocidos, tomamos el calor específico de la manzana por parecerse

$$Cp = 3.65 \frac{KJ}{Kg^{\circ}K}$$

$$Q_c = mCp * \Delta T$$

$$T_c = 30^{\circ}C + 273 = 303 K$$

$$Q_c = (46.94)(3.65) * (358.303)$$

$$T_f = 85^{\circ}C + 273 = 858 K$$

$$Q_c = 9,426.20 \frac{KJ}{h}$$

Transferencia de calor por convección del vapor saturado, tabla A-5 pagina 916, agua saturada a presión.

$$T_s = 85^{\circ}C \rightarrow 91.76^{\circ}C$$

$$Q_v = \dot{m} * h_g$$

$$P = 75 Kpa$$

$$Q_v = (46.24)(2662.4)$$

$$h_g = 2662.4 \frac{KJ}{Kg}$$

$$Q_v = 124,973.06 \frac{KJ}{h}$$

$$\dot{m} = 46.98 \frac{Kg}{h}$$

Cálculos de pérdidas (transferencia de calor por convección y radiación al ambiente Cocinador)

$$Q_p = Q_v - Q_c$$

$$Q_p = 124,923.06 \frac{KJ}{h} - 9,426.06.20 \frac{KJ}{h}$$

$$Q_p = 115,526.856 \frac{KJ}{h}$$

Calculo eficiencia del Cocinador

$$\eta = \frac{Q_c}{Q_v} \times 100$$

$$\eta = \frac{9,426.20}{124,973.06} \times 100$$

$$\eta = 7.54 \% \rightarrow \text{hay mucha perdida de calor}$$

Anexo 3 Cronograma de Actividades

A continuación, se presenta el cronograma de actividades para la realización de este proyecto monográfico entre el mes de noviembre del año 2025 y febrero del año 2026:

Actividades	Noviembre			Diciembre			Enero			Febrero		
Aprobación de tema y objetivos												
Entrega de 1er avance												
Entrega de 2do avance												
Entrega de 3er avance												
Entrega de 4to avance												
Defensa												

Anexo 4 Ficha Técnica preservante NS 1047S



Nutri~Shield, Inc.

Información de Producto NS-1047S

Proceso tecnológico Nutri-Shield

Utilizando un adecuado proceso de desodorización, los sabores y olores asociados a los químicos en polvo pueden eliminarse. Aplicando esta tecnología a los preservantes para alimentos, una nueva generación de productos está disponible para la industria de alimentos para incrementar la vida útil de su alimento.

Beneficios del producto

NS-1047S es un sistema de preservantes efectivo contra bacterias, mohos y levaduras, en un rango de pH de 4.5 a 6.5. Después del proceso de Nutri-Shield, esta mezcla NO incorporará ningún color, olor ni sabor asociado con los componentes químicos que componen el sistema:

➤ **Propionato de sodio** – sal más soluble que el propionato de calcio, y no registrará reacciones antagónicas contra ácidos de maduración. Efectividad ideal a un pH de 5.0 en la mayoría de aplicaciones contra mohos y algunas bacterias que producen babosidad. INEFECTIVO contra levaduras (CFR 184-1784).

➤ **Sorbato de potasio** – efectivo hasta un pH de 6.5 contra levaduras y mohos. INEFECTIVO contra bacterias (CFR 182.3640).

➤ **Benzoato de sodio** – efectivo en Ph desde 2 hasta 4.5 contra levaduras y bacterias. POCO EFECTIVO contra mohos (CFR 184.1733)

Cada uno de estos componentes tiene un rango óptimo de pH así como el tipo de microorganismos contra los cuales son efectivos. La combinación de ellos hace un sistema más efectivo. Ello favorece una mayor estabilidad del alimento e incrementar su vida útil del producto.

Aplicaciones comunes

NS-1047S ha probado ser efectivo en muchos alimentos, entre ellos:

- Jugos y bebidas
- Mermeladas, jaleas y toppings
- Carnes procesadas
- Productos de panadería, incluyendo pasteles, productos cocidos y congelados.

Niveles de aplicación comunes

NS-1047S se aplica desde un 0.05% hasta un 0.20% del peso del alimento.

Características del producto

Color: blanco (libre de cualquier otra decoloración)

Forma: Polvo (se mezcla fácilmente con agua)

GRAS: generalmente reconocido como seguro.

Certificado Kosher

Empaque & Almacenaje

Un empaque sellado por calor, de 3 capas de papel natural kraft, protegido con una envoltura metálica. Contiene 50 lbs/ 22.7 kg de peso neto. Almacenar en un lugar fresco, seco fuera de la luz directa del sol. Mantener las bolsas fuertemente cerradas después de abiertas. Vida útil usual de 6 meses.

Etiquetado

Recomendado: propionato de sodio, sorbato de potasio y benzoato de sodio (preservante).

Etiquetado nutricional no es necesario para este producto.

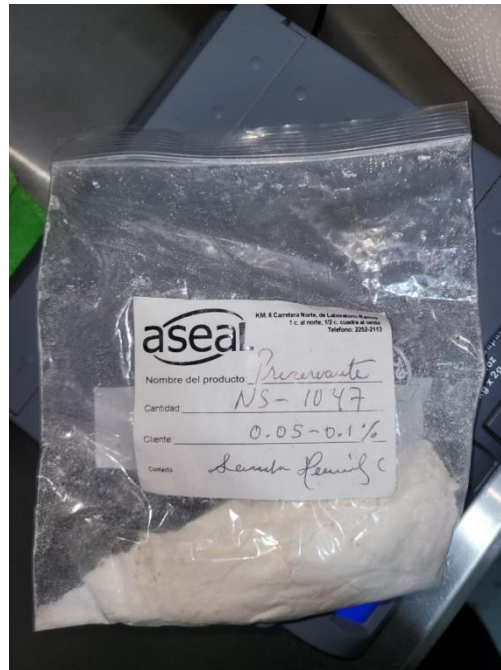
Distribuido por Asesería en Alimentos Aseal S.A.

1.2 kilómetros al este del Cenada, Barreal de Heredia, Bodegas Multicomercial # 47

Tel. 293-3758/ 293-7109 Fax. 293-1094 e mail: asealfa@racsa.co.cr

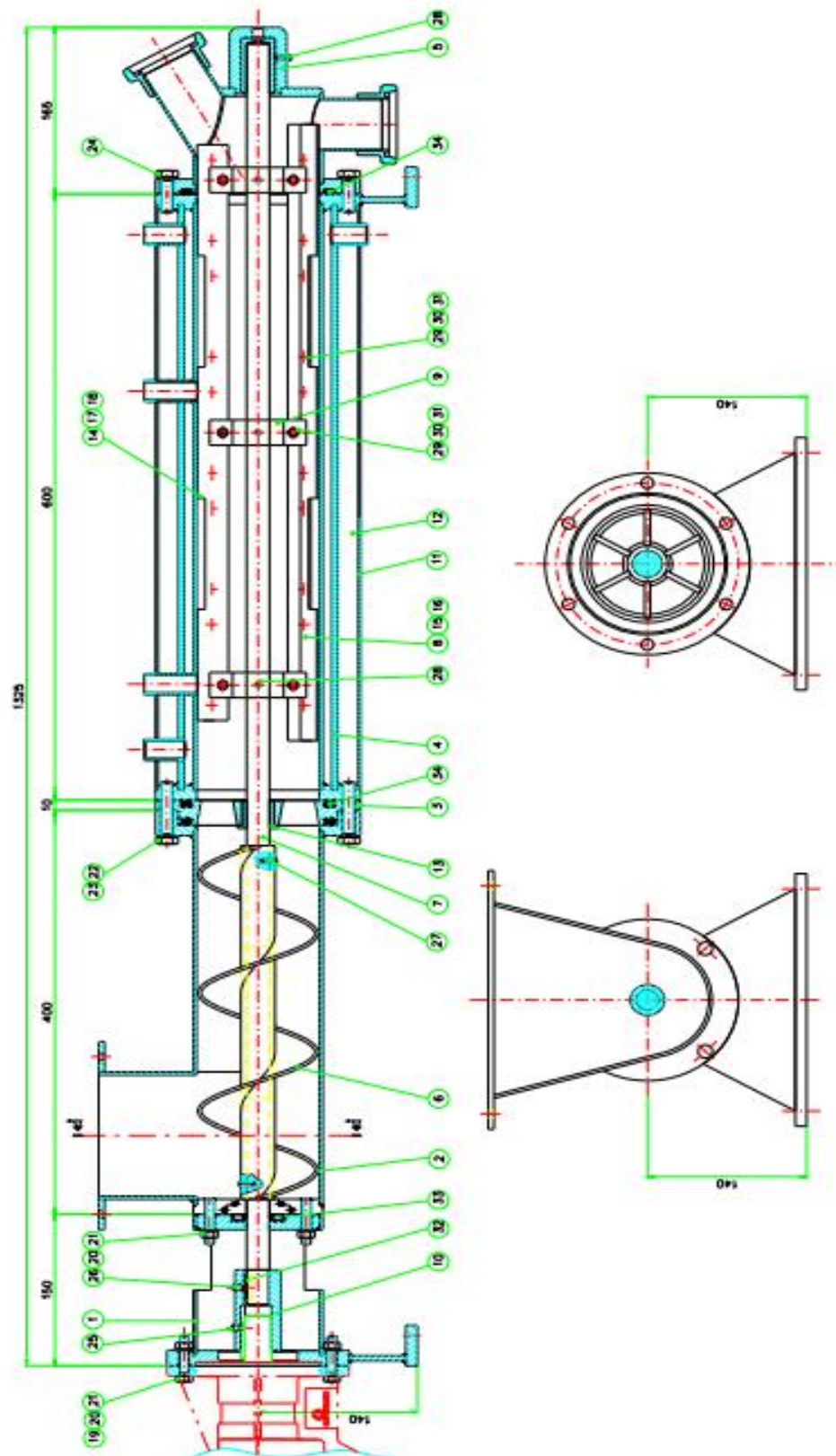
101

Este es la imagen del preservante NS1047S

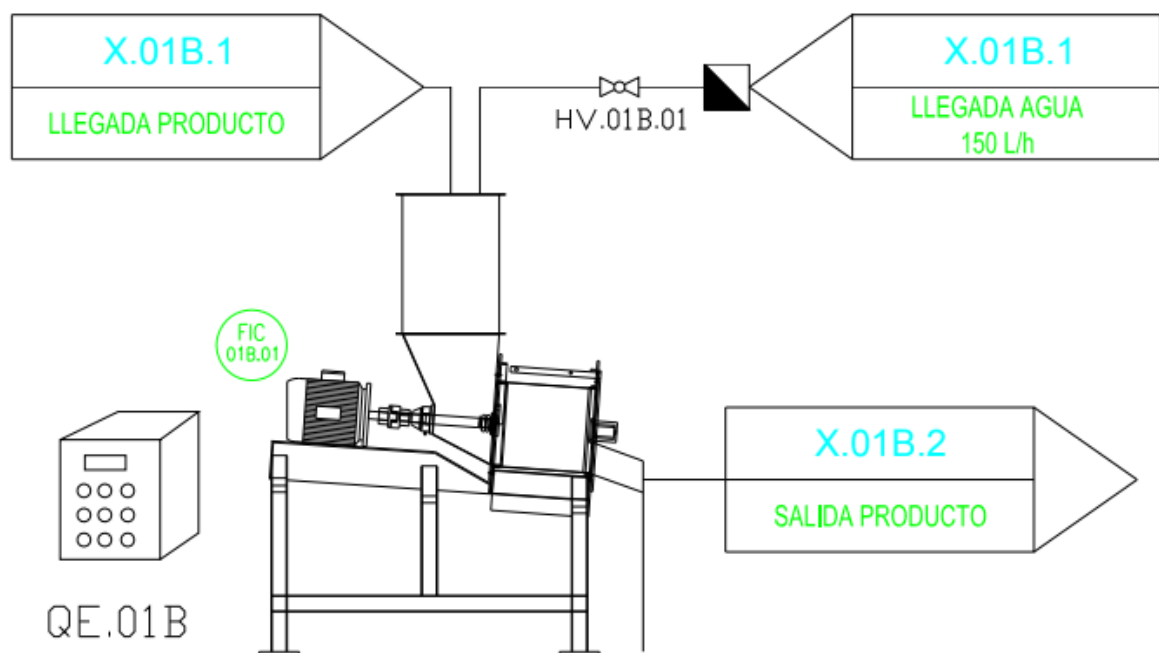
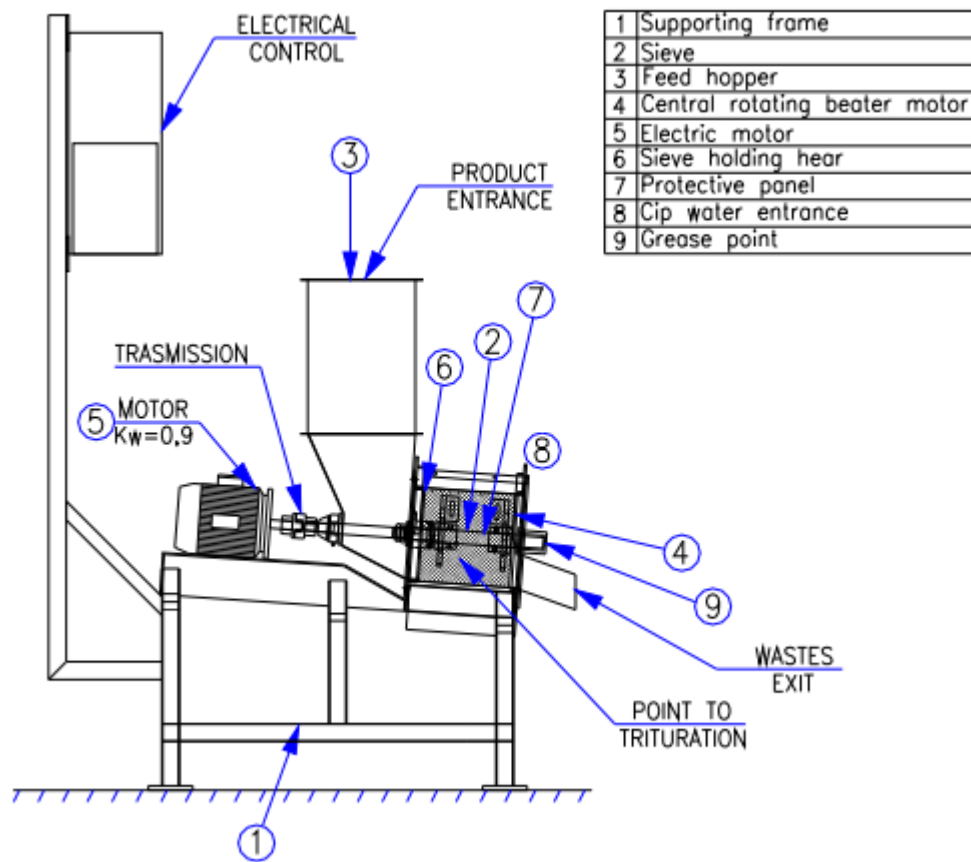


Preservante NS1047

Anexo 5 Diagrama para el cocinador



Anexo 6 Diagrama para la despulpadora



Anexo 7 Cotizaciones para los equipos

En esta sección se presentan las cotizaciones de los equipos necesarios para la instalación y operación de la planta procesadora de mango. La selección de cada equipo se realizó considerando la capacidad de producción proyectada, las especificaciones técnicas requeridas y la disponibilidad en el mercado nacional e internacional.

Las cotizaciones incluyen descripción del equipo, capacidad, cantidad requerida, precio unitario, costo total y proveedor correspondiente. Esta información permite estimar la inversión inicial en activos fijos, así como evaluar la viabilidad económica del proyecto y planificar adecuadamente el presupuesto de implementación.

Tabla Anexo 7: Cotización de equipos en ambos procesos

Item	Equipo	Especificaciones técnicas	Capacidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo total	Proveedor
1	Tina industrial en acero inoxidable	Medidas cm 95 x 65 x 60 Espesor de 14 calibres Rosca de 1 ½" para drenaje rápido y eficiente	250 lts	2	\$ 850.00	\$ 1,700.00	INMEDINOX
2	Tanque de almacenamiento de Hipoclorito de Sodio	polietileno de alta densidad (HDPE),	80 LTS	1	\$ 180.00	\$ 180.00	PREMET
3	Despulpadora		50 kg/hr	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	SELECSA
4	Despulpadora		50 kg/hr	1	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	SELECSA
5	Cocinador		50 kg/hr	1	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00	SELECSA
6	Congelador IQF	Dimensiones: 215 cm alto x 136 cm ancho x 110 cm fondo Volumen 1,000 lt Tiempo de congelación 180 min	55 kg	1	\$ 10,580.97	\$10,580.97	MARENCO TRADING
7	Selladora manual eléctrica	Selladora de corriente eléctrica	12 pulg	2	\$ 145.81	\$ 291.62	PREMET
8	Balanza de piso	Balanza de plataforma 40x50 cm con indicador	200 kg	2	\$ 583.33	\$ 1,166.66	PREMET
9	Ph metro	Multiparametro de bolsillo Ph/EC/TDS/Salinidad Apera	s/u	1	\$ 350.00	\$ 350.00	PRODUCTOS EL SOL
10	Codificador	codificador lote y vence	1500 ticket	1	\$ 218.46	\$ 218.46	SABALLOS MAQUINARIA
TOTAL						\$ 22,287.71	

Anexo 8 Logística

La logística del proyecto se ha organizado tomando en cuenta la disponibilidad semanal de 2,160 mangos, los cuales serán procesados de lunes a viernes en un turno diario de 9.5 horas. Esta planificación permite distribuir el trabajo de manera equilibrada a lo largo de la semana y mantener un ritmo constante de producción.

Cada día se procesarán 432 mangos, destinando 216 a la elaboración de pulpa y 216 a la producción de mango congelado IQF. Esta distribución facilita el manejo de la materia prima dentro de la planta y permite aprovechar de forma eficiente los equipos y el personal disponible.

La jornada establecida no solo cubre las actividades propias del proceso productivo, sino que también contempla tiempos para limpieza, organización y control sanitario, aspectos fundamentales en una planta de alimentos. De esta manera, la logística no solo busca cumplir con las metas de producción, sino también garantizar orden, calidad e inocuidad en cada etapa del proceso.

A continuación, se presenta la distribución de la jornada laboral:

- Pulpa de mango

Tabla Anexo 8: Logística Pulpa de mango

Tamaño de lote: 108 kg (216 mangos crudos)					
Turno	Etapas de proceso	Tiempo estimado	Hora	Descripción	Recursos necesarios
1 turno (9.5 hrs)	Limpieza del área	30 min	7:30 am - 8:00 am	* Se realiza limpieza de todas las áreas de trabajo	3
	Recepción de mangos	10 min	8:00 am - 8:10 am	* Se realiza el pesaje correspondiente de 216 mangos	1
	Selección y clasificación	20 min	8:10 am - 8:30 am	* Se realiza la inspección y clasificación	2
	desinfección y enjuague	35 min	8:30 am - 9:05 am	* Se desinfectarán todos los mangos en la tina donde la inmersión tiene una duración de 15 min * Se enjuagaran los mangos con una duración total de 10 min	1
	Corte y pelado	1 hr 30 min	9:05 am - 10:35 am	* Tiempo de carga y descarga 10 min * Los mangos se pelarán de manera manual	3
	despulpado grueso	1 hr 40 min	10:35 am - 12:15 pm	* en este proceso entran 74,2 kg se hará en dos lotes de 50 kg y 24,2 kg respectivamente con un tiempo total de 1 hr y 30 min. * Tiempo de carga y descarga 10 min	1
	Almuerzo	45 min	12:15 pm - 1:00 pm	* Todo el personal almuerza	3
	cocción	1 hr 40 min	1:00 pm - 2:40 pm	* en este proceso entra 73.45 kg se hará en dos lotes de 50 kg y 23.45 kg con un tiempo total de 1 hr y 30 min * Tiempo de carga y descarga 10 min	1
	despulpado fino	1 hr 40 min	2:40 pm - 4:20 pm	* en este proceso entran 66.1 kg se hará en dos lotes de 50 kg y 16.1 kg un tiempo total de 1 hr 30 min * Tiempo de carga y descarga 10 min	1
	empacado	1 hr 10 min	4:20 pm - 5:30 pm	* Se realizará el llenado y sellado de bolsas para obtener aprox 145 bolsas de pulpa (453.5gr)	3

- Fruta congelada

Tabla Anexo 8: logística fruta congelada

Tamaño de lote: 108 kg (216 mangos crudos)					
Turno	Etapas de proceso	Tiempo estimado	Hora	Descripción	Recursos necesarios
1 turno (9.5 hrs)	Limpieza del área	30 min	7:30 am - 8:00 am	* Se realiza limpieza de todas las áreas de trabajo	1
	Recepción de mangos	10 min	8:00 am - 8:10 am	* Se realiza el pesaje correspondiente de 216 mangos	1
	Selección y clasificación	25 min	8:10 am - 8:35 am	* Se realiza la inspección y clasificación	1
	desinfección y enjuague	30 min	8:35 am - 9:05 am	* Se desinfectarán todos los mangos en la tina donde la inmersión tiene una duración de 15 min * Se enjuagaran los mangos con una duración total de 10 min * Tiempo de carga y descarga 5 min	1
	Escurrido	5 min	9:05 am - 9:10 am	* Se escurrirán los mangos con una duración total de 5 min	1
	Congelación IQF	6 hrs 20 min	9:10 am - 3:30 pm	* Se congelaron en dos lotes de 110 mangos y 106 mangos respectivamente, con un tiempo de 10 min cada lote. * tiempo de carga y descarga 20 min	1
	Empacado	1 hr 30 min	3:30 pm - 5:00 pm	* se empacaran los mangos en bolsas al vacío	1

Anexo 9 Consumo energético

El análisis del costo energético se realizó considerando el consumo eléctrico de los principales equipos utilizados en el proceso de producción de pulpa de mango. Se evaluó la potencia de cada equipo (kW), el tiempo estimado de uso durante la jornada y el consumo energético total por día.

De acuerdo con los cálculos, el consumo total diario asciende a 22.87 kWh. Tomando como referencia una tarifa eléctrica de C\$ 7.77 por kWh, el costo energético por jornada de trabajo es de C\$ 177.70. Este valor permite estimar el impacto del gasto eléctrico dentro de los costos operativos de la planta y facilita la planificación financiera del proyecto.

Tabla Anexo 9: Consumo energético de los equipos

Equipos	Consumo energetico (kw/hr)	Tiempo de uso	Consumo energetico total
Despulpadora gruesa	3	1	3
Despulpadora fina	1.87	1	1.87
Cocinador	12	1	12
Llenadora	1.5	4	6
total kw			22.87
costo por Kw	C\$ 7.77		
Costo eneregetico total por jornada	C\$ 177.70		

Anexo 10 Realización artesanal de la pulpa de mango

Para la obtención de la pulpa de mango a nivel artesanal, se realizó una simulación del proceso industrial descrito en el presente trabajo. Estas son las imágenes durante el proceso:

Imágenes	Proceso	Resultados
----------	---------	------------

	Se procedió al pesaje de la materia prima con el fin de controlar la cantidad de mango utilizada	1.359 kg
	Posteriormente, los magos fueron pelados	1.215 kg
	Los mangos fueron cortados manualmente, separando la cáscara y la semilla.	0.300 kg semillas, cascara 0.180 kg
	Mango cortado	0.890 Kg

	El mango cortado se trituro.	0.79kg
	La pulpa gruesa se procedió a cocinar durante 30 minutos a una temperatura de 70°C	0.622 kg
	Se procedió a triturar nuevamente y luego se coló para asegurar una pulpa homogénea.	
	Se midió el pH para luego agregar el preservante NS1047	pH 5.15, preservante agregado 0.06 g

		Se midieron los grados Brix	21°Brix
	Se procedió a empacar al vacío. Ese empaque tiene 400 g de pulpa.		
	Empaque al vacío con bolsas de Polietileno con poliamida.		
	Pulpa de mango empacado. Se empacaron 2 presentaciones una de 400 g y otra de 188g.		588g

Anexo 11 Resultado de la pulpa artesanal

A continuación, se muestra el empaque de 400 gr resultado de la realización de la pulpa de mango artesanal. También realizamos una etiqueta para la pulpa de mango.

