

Planteamiento de mejoras en los procesos productivos de la empresa Tango Juices S.A.S. para  
aumentar su capacidad de producción actual

Natalia Alejandra Tapia Perez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniera Química

Director

Carlos Jesus Muvdi Nova

Ingeniero Químico Ph.D.

Tutor

Fabian Alejandro Tapia Tierradentro

Ingeniero Químico

Universidad Industrial De Santander  
Facultad De Ingenierías Fisicoquímicas  
Escuela De Ingeniería Química  
Bucaramanga

2020

### **Agradecimientos**

A Dios, por llenarme de su amor y brindarme la fortaleza y sabiduría para poder sortear todas las dificultades presentadas, poder concluir mi trabajo de grado y por no desampararme en todo mi camino de estudios.

A mi familia, especialmente a mis padres, Tatiana Pérez y Fabian Tapia, por apoyar con amor incondicional cada uno de mis sueños, estoy extremadamente agradecida por sus oraciones, trabajo y por todo el sacrificio que hicieron para educarme y prepararme para el futuro.

Al profesor Carlos Muvdi, por su constante apoyo, enseñanzas, paciencia y motivación. Su orientación me ayudó en todo el tiempo y desarrollo de este proyecto.

Mi más sincero agradecimiento para TANGO JUCES SAS, por ofrecerme la oportunidad de realizar este proyecto y por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarias para llevarlo a cabo.

Agradezco a mis amigos de la universidad, Luisa Acevedo, Camila Algarra, Andrea Arango, Laura Bueno, Isabella Castellanos, Julieth García, Nicolás Rodríguez, Francisco Patiño, Angie Pérez y Catalina Pico, por todas las experiencias, conocimientos compartidos y por las noches de insomnio llenas de aprendizaje.

Por último, pero no menos importante, me gustaría agradecer a la Universidad Industrial de Santander, sus directivos, profesores y técnicos, por la formación y por cada uno de sus conocimientos impartidos que ayudaron a prepararme profesionalmente.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	10
1. Objetivos .....	18
1.1. Objetivo general .....	18
1.2. Objetivos específicos.....	18
2. Alcance.....	18
3. Metodología .....	19
3.1. Diagnóstico del proceso productivo. ....	19
3.2. Propuestas de mejoras en los procesos de lavado de fruta, extracción, preparación y empaque. ....	20
3.3. Desarrollo de la herramienta computacional. ....	20
4. Resultados .....	22
4.1. Diagnóstico del proceso productivo .....	22
4.1.1. Lavado y desinfección.....	24
4.1.2. Extracción .....	25
4.1.3. Preparación.....	25
4.1.4. Empacado.....	27
4.1.5. Análisis de puntos críticos de control. ....	28
4.2. Propuestas de mejoras en los procesos productivos .....	30
4.2.1. Lavado y desinfección.....	30
4.2.2. Extracción .....	31
4.2.3. Preparación.....	32

4.2.4. Balances de masa .....	33
4.2.4.1. Lavado y desinfección .....	33
4.2.4.2. Extracción .....	34
4.2.4.3. Preparación .....	34
4.2.4.4. Empacado .....	34
4.2.5. Cotizaciones de los equipos .....	35
4.3. Desarrollo herramienta computacional.....	37
4.3.1. Determinación de los requisitos.....	37
4.3.2. Definición de la estructura y variables del sistema.....	37
4.3.3. Programación de los algoritmos a utilizar.....	38
4.3.3.1. Empaque por referencia.....	39
4.3.4. Verificación de la herramienta.....	39
5. Conclusiones .....	41
6. Recomendaciones.....	43
Referencias Bibliográficas .....	44
Apéndices.....	46

### Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Compromisos y productos esperados del proyecto.....	19
Tabla 2. Manual de funciones de la práctica empresarial. ....	21
Tabla 3. Datos lavado y desinfección para 50kg de limón. ....	25
Tabla 4. Datos de extracción para 50kg de limón.....	25
Tabla 5. Datos preparación de la limonada de coco. ....	27
Tabla 6. Datos del empaçado de la limonada de coco. ....	27
Tabla 7. Aplicación del árbol de decisiones para la identificación de PCC en el proceso productivo de la pulpa de limón.....	28
Tabla 8. Condiciones de entrada. ....	33
Tabla 9. Definición de variables. ....	33
Tabla 10. Resultados del balance de masa del proceso productivo de la pulpa de limonada de coco. ....	35
Tabla 11. Cotización lavadora de fruta. ....	35
Tabla 12. Cotización extractora de cítricos.....	36
Tabla 13. Cotización equipo de mezclado. ....	36
Tabla 14. Clasificación de las variables involucradas en la herramienta computacional.....	38

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Lavado y desinfección de la fruta.....	11
Figura 2. Extracción de maracuyá en la despulpadora de frutas.....	11
Figura 3. Empacado de pulpa en porciones en llenadora automática y armado de paquetes. ....	12
Figura 4. Lavadora de vegetales por remojo.....	14
Figura 5. Mezclador de paletas (a) y mezclador de anclaje (b) .....	15
Figura 6. Mezcladores de turbina (a) y hélice (b).....	16
Figura 7. Mezclador de alto cizallamiento.....	16
Figura 8. Diagrama de flujo metodológico.....	21
Figura 9. Cantidades promedio de frutas procesadas durante el periodo de un mes. ....	23
Figura 10. Diagrama simplificado del proceso de extracción de pulpa de limón.....	24
Figura 11. Lavadora de frutas y verduras con sistema de recirculación del agua .....	31
Figura 12. Diagrama de bloques para el balance de masa del proceso para un aumento del 50% de la producción.....	33
Figura 13. Estructura del sistema.....	37
Figura 14. Diagrama de flujo ajuste final de los °Brix .....	38
Figura 15. Algoritmo de la herramienta computacional. ....	40

**Lista de Apéndices**

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Tipos de datos en el lenguaje VBA .....	46
Apéndice B. Árbol de decisiones para la determinación de un PCC.....	47
Apéndice C. Instrucciones para el correcto funcionamiento de la herramienta computacional. ...	48

## Resumen

**Título:** Planteamiento de mejoras en los procesos productivos de la empresa Tango Juices S.A.S. para aumentar su capacidad de producción actual\*

**Autor:** Natalia Alejandra Tapia Perez\*\*

**Palabras clave:** Procesamiento de frutas, pulpa de fruta, industria de alimentos, estrategias de mejora

## DESCRIPCIÓN

Este trabajo plantea posibles mejoras para aumentar la capacidad de producción de la empresa TANGO JUICES SAS la cual, produce y comercializa pulpas de frutas y debido a la calidad, a la innovación en las mezclas desarrolladas y a la fuerza de ventas tiene limitada su producción. Para el planteamiento de las posibles mejoras se tomó como fruta de referencia al limón y como producto la pulpa de limón coco. Primero, se realizó el diagnóstico del proceso productivo mediante la observación y recopilación de datos en las etapas de lavado y desinfección, extracción, preparación y empaque. Luego, se plantearon las propuestas de mejora mediante la confrontación de la literatura y el estado actual de la empresa. Finalmente, se desarrolló una herramienta computacional para los cálculos de producción y programación de empaque. Con los datos recolectados se realizó el cálculo de los flujos promedios de trabajo, el consumo de agua y residuos. El lavado y desinfección de la fruta arrojó ser un Punto Crítico de Control, en esta etapa se planteó la incorporación de una lavadora de frutas con un sistema que permitiera la recirculación del agua de lavado y aumentara la capacidad de 83,33 kg/h a 200 kg/h. En la extracción se propuso la duplicación del equipo y se dejó abierta la puerta a futuras investigaciones de valorización de los residuos. En la preparación se plantearon dos estrategias, una, la duplicación y otra, el reemplazo del equipo actual. Se realizó el balance de masa proyectando un aumento del 50% de la capacidad actual y se cotizaron los equipos teniendo en cuenta lo arrojado en el balance. Finalmente se verificó la herramienta computacional con los datos históricos de la empresa.

---

\*Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Carlos Jesús Muvdi Nova Ingeniero Químico, Ph.D. Tutor: Fabian Alejandro Tapia Tierradentro Ingeniero Químico.

### Abstract

**Title:** Proposal for improvements in the productive processes of the company Tango Juices S.A.S. to increase its current production capacity \*

**Author:** Natalia Alejandra Tapia Perez\*\*

**Key words:** Fruit processing, fruit pulp, food industry, improvement strategies

### DESCRIPTION

This work outlines possible improvements to increase the production capacity of the company TANGO JUICES SAS, which produces and markets fruit pulps and due to the quality, innovation in the mixtures developed and the sales force has limited production. For the proposal of possible improvements, the chosen reference fruit was the lemon and the coconut lemon pulp as the product. First, the diagnosis of the production process was carried out by observing and collecting data in the cleaning/washing, extraction, blending and packaging stages. Then, the improvement proposals were raised by comparing the published scientific literature and the current state of the company. Finally, a computational tool was developed for production calculations and packing scheduling. With the data collected, the calculation of average process flows, water consumption and waste were performed. The cleaning/washing of the fruit was identified as a Critical Control Point, at this stage it was proposed the incorporation of a fruit washing machine with a system that would allow the recirculation of the washing water and increase the capacity from 83.33 kg/h to 200 kg/h. In the extraction, the duplication of the equipment was proposed, this stage, leaves a door open for future research on transformation of lemon by-products into value added products. In the blending of the pulp, two strategies were proposed, first, duplication and the other one, the replacement of the current equipment. The material balance was carried out setting an increase of 50% of the current capacity and the equipment was quoted considering the results of the balance. Finally, the computational tool was verified with the historical data of the company.

---

\* Degree work

\*\* Faculty of Physical – Chemical Engineering. School of Chemical Engineering. Director: Carlos Jesús Muvdi Nova Chemical Engineer, Ph.D. Tutor: Fabian Alejandro Tapia Tierradentro Chemical Engineer.

### **Introducción**

La tendencia actual del mercado mundial de bebidas favorece la comercialización de los jugos de frutas, principalmente los que innoven con aromas y sabores, y en especial los de frutas tropicales (Guzman, Mena, & Loaiza, 2013).

En el caso particular de Colombia, se aproxima considerablemente a esta tendencia mundial de consumo de productos saludables en los cuales las frutas juegan un papel protagónico. Un estudio realizado por la consultora Nielsen HomeScan reveló que hay una alta frecuencia de compra de bebidas funcionales, como zumos (extractos) y *smoothies*: cada siete días, un consumidor colombiano adquiere una de estas, mientras que tarda 40 días en buscar un alimento saludable (The Nielsen Company (US), LLC, 2018).

Tango Juices S.A.S, es una compañía procesadora de frutas, que produce y comercializa pulpas de frutas desde el año 2009. En la actualidad Tango Juices S.A.S, procesa quince variedades de frutas para obtener pulpas de limón, mandarina, maracuyá, fresa, mora, mango, lulo, piña, corozo, tamarindo, uva isabela, uva verde, guayaba, mango biche, y mezclas tales como frutos amarillos, frutos rojos, piña guayaba, fresa maracuyá, fresa mandarina, limón coco, limón cereza, limón hierbabuena.

El proceso productivo de las pulpas inicia con la selección, lavado y desinfección de las frutas. En la Figura 1 se observa que la materia prima pasa por dos tinas de lavado con solución de cloro a diferentes concentraciones en donde se remueven con cepillos las partículas de arena y barro que vienen con ella. Así mismo se saca la fruta en mal estado o elementos diversos.

**Figura 1.**

*Lavado y desinfección de la fruta.*



Dependiendo de la fruta que se esté procesando, se continúa con el tratamiento térmico o se utilizan los equipos correspondientes para extraer la pulpa. Para los cítricos se utiliza el exprimidor semiautomático (alimentación manual). Para el mango, níspero y maracuyá, lulo, guanábana y corozo se usa la despulpadora presentada en la Figura 2. La fresa, mora, el zapote y el mango biche pasan por la licuadora industrial. La piña, después de licuada pasa por la despulpadora.

**Figura 2.**

*Extracción de maracuyá en la despulpadora de frutas.*



En la preparación se pesan las cantidades de pulpa extraída y se calcula la cantidad de azúcar a adicionar. En todas las frutas excepto el limón, se determina, además, las cantidades del resto de ingredientes según lo requiera, ácido cítrico, ácido ascórbico. En el caso de las pulpas azucaradas se adicionan todos los ingredientes requeridos. Se mezcla durante varios minutos hasta lograr la completa disolución del azúcar.

Las pulpas se empacan en la llenadora automática en porciones de diferente peso según su presentación (para vasos 12 onzas o para vasos de 16 onzas) y se conforman paquetes de 10 unidades. En la Figura 3 se presenta esta etapa del proceso. las pulpas también pueden ser empacadas en bolsas individuales de kilo de manera manual. De igual forma se procede con la pulpa sin azúcar.

**Figura 3.**

*Empacado de pulpa en porciones en llenadora automática y armado de paquetes.*



Finalmente, el producto se congela en el túnel de congelamiento rápido un tiempo de aproximadamente 6 h. Pasado este tiempo se pasa a los congeladores para su posterior despacho.

TANGO JUICES SAS en la actualidad se encuentra con concepto favorable del INVIMA, garantizando que produce productos inocuos gracias al buen manejo del sistema de buenas prácticas de manufactura implementado.

Desde finales del año 2018, TANGO JUICES SAS entró en un programa de exportación con la empresa BIOCOSTA y CÁMARA DE COMERCIO BARRANQUILLA, en donde la gestión comercial y las muestras enviadas han tenido un avance positivo.

Bajo este contexto, se muestra la necesidad para la empresa de mejorar sus procesos productivos para atender una demanda en frutas y sus derivados con altos estándares de calidad y elementos diferenciadores que generen un valor agregado en los productos fabricados en el país.

TANGO JUICES SAS, cuenta con una planta de producción multifrutas, la cual tiene limitada su producción a 600 kg de fruta/día, en un día de producción de 8 h de lunes a sábado.

Debido a la calidad del producto, a la innovación en las mezclas desarrolladas, a la fuerza de venta tanto física como en las redes sociales, y a la expectativa del proceso de exportación que ha iniciado con la Cámara de Comercio en su objetivo misional de fomentar la internacionalización sus empresas afiliadas, ya la cantidad procesada se está viendo limitada.

Teniendo en cuenta lo anterior y la limitante en la producción, es necesario que TANGO JUICES SAS, realice mejoras en sus procesos de lavado, extracción, preparación y empaque buscando un aumento de la producción, conservando su actual calidad.

Adicionalmente, la empresa visualiza la implementación de una estrategia digital para los cálculos de producción y la programación de empackado que se requiere diariamente en el proceso de transformación.

Por otra parte, la importancia atribuida a la higiene en una empresa de procesamiento de alimentos se refleja en la calidad y seguridad de los productos. Las operaciones de limpieza son parte integral del proceso de producción. Por consiguiente, el costo de la limpieza es un componente integral del costo de producción. (Berk & Zeki, 2018).

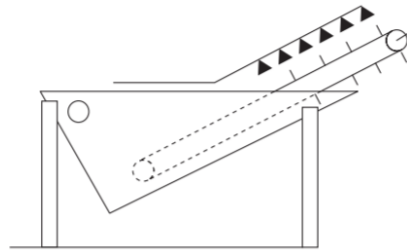
Además, en una planta de alimentos, las materias primas se encuentran entre las principales fuentes de contaminación. La limpieza suele ser la primera operación a la que se expone la materia

prima. De hecho, es una buena idea separar físicamente el área de la planta donde se realiza la limpieza inicial del resto de la planta (Berk & Zeki, 2018).

El remojo previo de las frutas ayuda a aflojar la suciedad y sirve para eliminar piedras y algunos de los materiales extraños que pueden dañar el equipo. La lavadora de remojo mostrada en la Figura 4 consiste en un tanque de remojo, seguido de un elevador equipado con rociadores de agua (Berk & Zeki, 2018).

**Figura 4.**

*Lavadora de vegetales por remojo.*



*Nota:* Tomado de (Berk & Zeki, 2018).

Con respecto a la extracción de la pulpa, hay una diferencia significativa en el procesamiento de cítricos en comparación con el procesamiento de las demás frutas. Al extraer el jugo de cítricos, el objetivo es obtener la mejor separación posible de jugo, cáscara y aceite de cáscara (Akyildiz & Ağçam, 2014). Por esta razón, se desarrollaron máquinas especiales para eliminar la cantidad máxima de jugo, sin cantidades sustanciales de sólidos, o compuestos fenólicos de las pieles que causan amargor y dorado (Fellows, 2000) .

La elección de la maquinaria depende de la capacidad, el rendimiento y la calidad del producto requerido por el procesador. Para el trabajo a pequeña escala, se pueden utilizar máquinas de reducción de mitades y rebanadas, prensas de tipo de inmersión, prensa de expulsión de tornillo continuo, despulpadora extrafina; en la producción comercial a gran escala, se utilizan plantas automáticas (Sandhu, Minhas, & Sidhu, 2012).

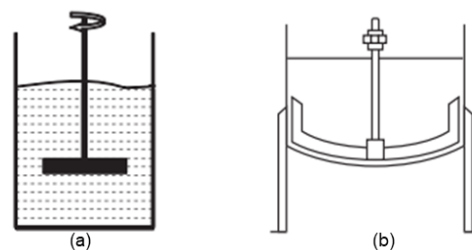
Después de la extracción de la pulpa de fruta sigue la preparación del producto terminado, en este paso se adicionan otros ingredientes que cumplen funciones específicas. Los elementos por mezclar para preparar generalmente son: agua, pulpa, azúcar, antioxidantes, conservantes y estabilizantes, este tipo de sustancias está permitido para estos productos (Moreno Suárez, 2003).

El mezclado de algunos ingredientes requiere de una planta de producción especializada para poder incorporarse con éxito, debido a sus propiedades físicas y/o químicas particulares. Las pulpas de frutas tienen la tendencia a separarse (Fase líquida de la fase sólida). Esto puede minimizarse mediante homogenización (Ashurst, Hargitt, & Palmer, 2017).

En la Figura 5 se muestran los mezcladores más simples para fluidos, el primero que consta de uno, y a veces, dos pares de cuchillas planas giratorias montadas en un eje. El segundo se usa para mezclar líquidos en calderas y recipientes hemisféricos con un fondo en forma de cuenco. Estos mezcladores generalmente funcionan a baja velocidad (decenas de revoluciones por minuto) (Berk, Mixing, 2018).

**Figura 5.**

*Mezclador de paletas (a) y mezclador de anclaje (b)*

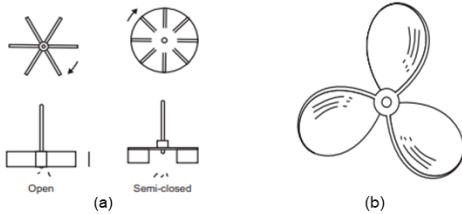


*Nota:* Tomado de (Berk, Mixing, 2018).

En la Figura 6 se observan, a los mezcladores de turbina, el impulsor consiste en un número mayor (cuatro o más) de álabes planos o curvos, montados en un eje. Los mezcladores de turbina generalmente funcionan a alta velocidad (cientos de revoluciones por minuto). Por otro lado, los

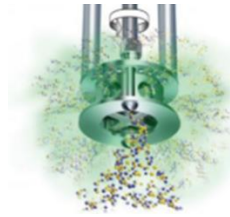
mezcladores de hélice se usan principalmente para mezclar líquidos de baja viscosidad. El diámetro del impulsor es mucho más pequeño que el de los mezcladores de turbina.

**Figura 6.**  
*Mezcladores de turbina (a) y hélice (b).*



*Tomado de:* (Spyropoulos, Lazidis, & Norton, 2017)

**Figura 7.**  
*Mezclador de alto cizallamiento.*



*Tomado de:* (Zhang, Xu, & Li, 2012)

Los mezcladores de alto cizallamiento (HSM) son los dispositivos más comunes utilizados en la industria alimentaria para la fabricación de emulsiones y homogenizaciones. En la Figura 7 se muestra esta operación, los ingredientes se mezclan dentro de un cabezal mezclador que crea tasas de disipación de alta energía como consecuencia del movimiento del cabezal del rotor y su proximidad al estator de cizalla (Spyropoulos, Lazidis, & Norton, 2017).

Los HSM se han utilizado ampliamente en procesos intensivos en energía, como la homogeneización, dispersión, emulsificación, molienda, disolución y disrupción celular en los campos de la agricultura y la fabricación de alimentos, y procesos de reacción química, etc. Los mezcladores de alto cizallamiento se utilizan para producir dispersiones líquido-líquido menos viscosas (Zhang, Xu, & Li, 2012).

En referencia a las estrategias digitales utilizadas en la industria de alimentos para la formulación de ingredientes se hace uso de hojas de cálculo como Excel, que ofrece la creación de aplicaciones basadas en el procesamiento y el análisis de datos numéricos por medio de la creación de macros. Visual Basic para Aplicaciones (VBA), es un lenguaje de programación común a todas las aplicaciones del paquete Microsoft Office (Zanini, 2013).

Cuando se invoca una macro, ya sea presionando un botón o una combinación de teclas, se desencadenarán las instrucciones almacenadas en ella. Con una macro se agilizan tareas y se amplía la funcionalidad de Excel, creando nuevas funciones para resolver cálculos que no se pueden realizar con las funciones estándares del programa (Zanini, 2013).

Todos los valores que requieran ser manipulados en el programa pueden ser almacenados temporalmente en una variable, las variables son las que deben pertenecer a un tipo de dato, donde el tipo de dato determina el rango de valores o conjunto de valores que dicha variable podría emplear (Calzada, 2012). Los tipos de datos más utilizados aparecen en el Apéndice A.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo general**

Plantear mejoras en los procesos productivos en TANGO JUICES SAS a partir del diagnóstico de sus procesos para aumentar la capacidad de producción.

### **1.2. Objetivos específicos**

Determinar las restricciones del proceso productivo a través del análisis de la información obtenida en las diferentes etapas del proceso.

Proponer estrategias de mejora en los procesos de lavado de fruta, extracción, preparación y empaque de las diferentes pulpas que produce y comercializa la empresa, que le permitan aumentar su capacidad actual de producción.

Desarrollar una herramienta computacional en Excel que permita realizar los cálculos de balances de masa y las formulaciones según las características de cada fruta y las cantidades a producir por referencia.

## **2. Alcance**

El proyecto estuvo orientado a realizar el diagnóstico del proceso productivo de TANGO JUICES SAS desde la etapa de lavado y desinfección hasta el empaque, para determinar las restricciones y proponer las acciones de mejora que permitan aumentar la capacidad de producción de la empresa.

En la Tabla 1 se encuentran delimitados los compromisos y los productos esperados del proyecto.

**Tabla 1.**  
*Compromisos y productos esperados del proyecto.*

Compromisos	Producto	Mes				
		1	2	3	4	5
Observación y recopilación de la información del proceso productivo	Restricciones del proceso	■				
Análisis de la información del proceso productivo		■	■			
Revisión de los equipos actuales			■	■		
Redacción de informe				■		
Revisión bibliográfica				■	■	
Confrontación de la literatura y el estado actual de los procesos	Informe de recomendación técnica			■	■	
Balances de masa				■	■	
Cotización de las posibles mejoras					■	■
Redacción de informe						■
Determinación de los requisitos de la herramienta		Archivo en Excel del cálculo y programa de producción		■		
Estructuración del sistema				■	■	
Programación de los algoritmos					■	■
Verificación de la herramienta						■
Redacción de informe						■
Monitoreo, seguimiento y control de la ejecución de las actividades asociadas al proyecto	Informe del proyecto	■	■	■	■	■

### 3. Metodología

#### 3.1. Diagnóstico del proceso productivo.

- Observación y recopilación de la información del proceso productivo.

Dada la diversidad de frutas que TANGO JUICES S.A.S. procesa, se permaneció el tiempo necesario en planta observando la forma en que se realizan las etapas de lavado de fruta, extracción, preparación, tratamiento térmico, y empaque. Se elaboraron formatos para registrar los datos de

las cantidades procesadas, tiempos de procesos, rendimientos de la fruta y otras variables que se consideraron relevantes para el proyecto.

- Análisis de la información del proceso productivo.

Se establecieron las restricciones en el proceso y las causas que las originaban.

- Revisión de los equipos actuales.

Se determinó si los equipos en planta estaban siendo utilizados en sus capacidades óptimas de trabajo.

### **3.2. Propuestas de mejoras en los procesos de lavado de fruta, extracción, preparación y empaque.**

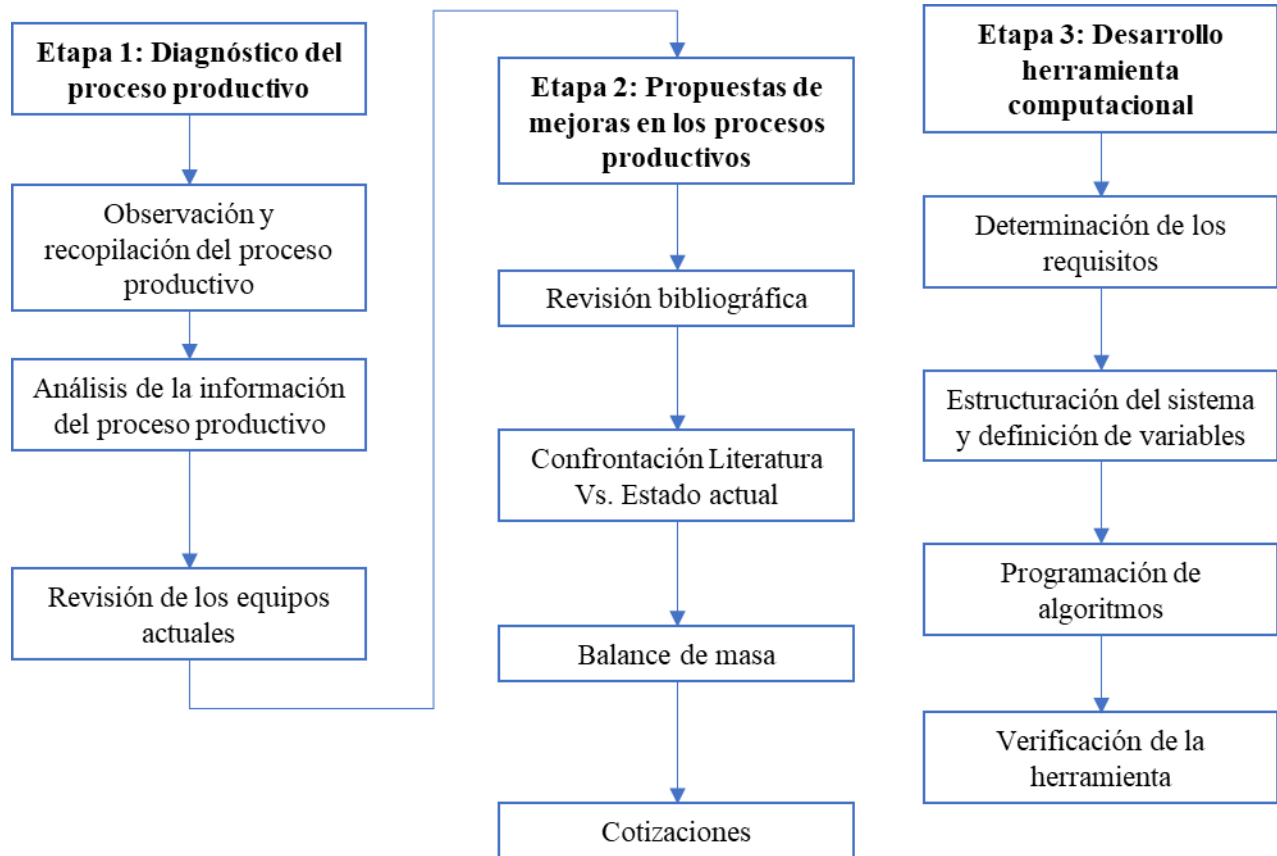
- Se realizó la revisión bibliográfica concerniente con los procesos de obtención de pulpas de frutas.
- Se confrontó la información obtenida de la literatura con el estado actual de la empresa para el planteamiento de posibles cambios en los equipos y metodologías de trabajo.
- Con las opciones de mejora escogidas, se realizaron los balances de masa, con el objetivo de definir aspectos de capacidades y especificaciones de equipos de proceso.
- Se gestionaron las cotizaciones respectivas ante distintos proveedores, de preferencia nacionales.

### **3.3. Desarrollo de la herramienta computacional.**

- Se determinaron los requisitos que debe cumplir la herramienta.
- Se definió la estructura del sistema y las variables de proceso involucradas.
- Se programaron los algoritmos que iban a utilizarse en la programación.
- Se verificó la herramienta diseñada a través de históricos de proceso y pruebas de campo.

En la Figura 8 se observa el diagrama de flujo metodológico y en la Tabla 2 se muestra el manual de funciones de la práctica empresarial.

**Figura 8.**  
*Diagrama de flujo metodológico.*



**Tabla 2.**  
*Manual de funciones de la práctica empresarial.*

Puesto	Prácticas Ingeniería Química
Depende de	Director de Producción. Gerente.
Subordinados	Ninguno
Objetivos del cargo	-Reorganización y mejoras de los procesos de lavado de fruta, extracción, preparación y empaque de las diferentes pulpas que produce y comercializa la empresa para aumentar la capacidad de producción actual. -Desarrollar una herramienta computacional que permita realizar los cálculos de balances de masa, las formulaciones según las características de cada fruta y las cantidades a producir por referencia.

Funciones básicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Planteamiento de mejoras en los procesos productivos: Se requiere que el estudiante en prácticas permanezca el tiempo necesario en planta observando la forma en que se realizan las etapas de lavado de fruta, extracción, preparación, tratamiento térmico y empaque. Teniendo en cuenta la diversidad de frutas que TANGO JUICES SAS procesa.</li> <li>-Creación de la Herramienta computacional</li> </ul>
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Planteamiento de mejoras</li> <li>-Elaborar formatos para registrar los datos de cantidades procesadas, tiempos de proceso, rendimientos de la fruta y otras variables que se consideren relevantes en el proyecto.</li> <li>-Establecer las restricciones en el proceso, su causa y la forma como eliminarlas, bien sea mediante la mejora de los equipos, la incorporación de equipos nuevos o cambios en el método de trabajo.</li> <li>-Herramienta computacional</li> <li>-Determinar lo que la herramienta computacional debe hacer.</li> <li>-Estructurar el sistema y determinar las especificaciones para cada una de las partes de la herramienta.</li> <li>-Realizar los algoritmos que van a utilizarse en la programación.</li> <li>-Implementar los algoritmos en Excel VBA.</li> <li>-Ejecutar las pruebas, validar el programa.</li> </ul>

## 4. Resultados

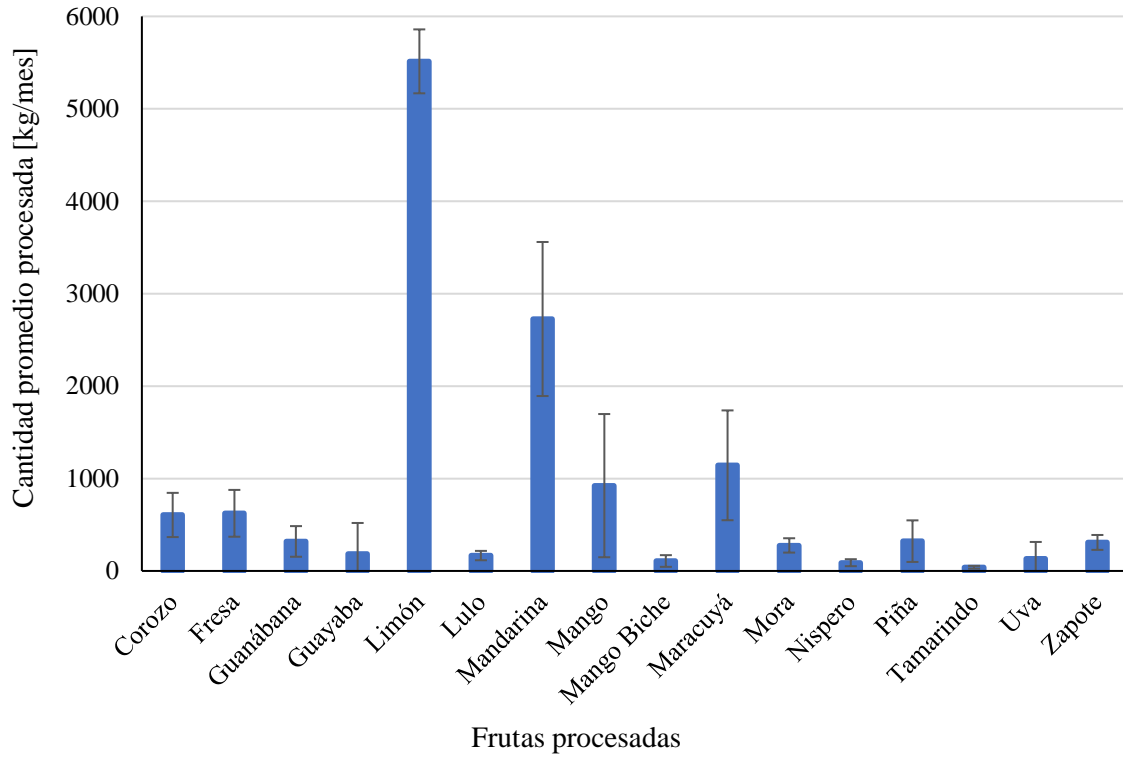
### 4.1. Diagnóstico del proceso productivo

En la empresa se procesan quince variedades de frutas, por lo tanto, se permaneció en planta observando y recopilando información acerca de las etapas de lavado de fruta, extracción, preparación, tratamiento térmico y empacado.

La escogencia de la fruta que más limita el proceso productivo se realizó tomando como criterio la cantidad promedio procesada durante un mes. En la Figura 9 se observan las diferentes variedades de frutas procesadas, el promedio de la cantidad procesada corresponde al periodo del mes de mayo hasta octubre (6 meses). A partir de la gráfica, se escogió el proceso productivo del limón, teniendo en cuenta que se procesaron en promedio más de 5000kg de limón en un mes.

**Figura 9.**

*Cantidades promedio de frutas procesadas durante el periodo de un mes.*

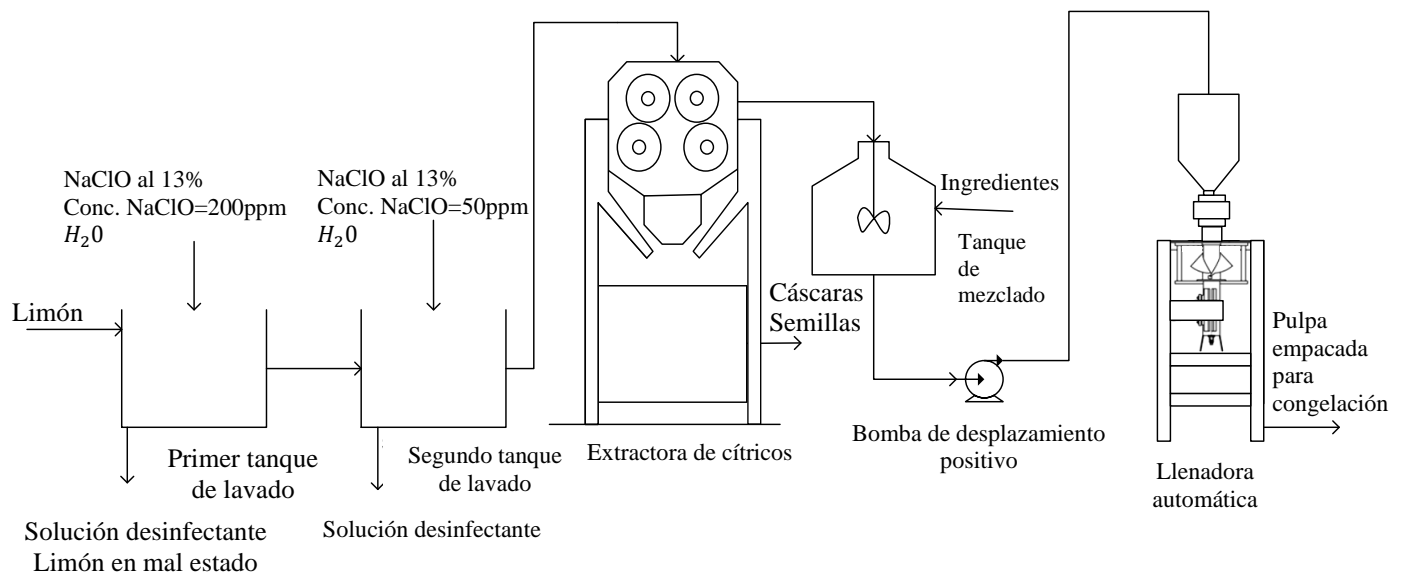


En la Figura 10 se presenta el diagrama simplificado de equipos del proceso productivo de la pulpa de limón. Este inicia con la selección, lavado y desinfección, en donde se remueven con cepillos las partículas de arena y barro que vienen con la fruta; así mismo se descarta la fruta en mal estado.

La pulpa es extraída en el exprimidor semiautomático (alimentación manual) y luego pasa al tanque de mezclado dónde dependiendo de la cantidad de pulpa se realiza el cálculo de la cantidad de azúcar a adicionar. La pulpa azucarada se empaca en la llenadora automática, y finalmente, el producto se congela en el túnel de congelamiento rápido por un tiempo de aproximadamente 6 h.

**Figura 10.**

*Diagrama simplificado del proceso de extracción de pulpa de limón.*



#### 4.1.1. Lavado y desinfección

En la Tabla 3 se observan los datos recolectados en la prueba de lavado donde se aforó la cantidad de agua para cada tanque (60 l). Se calculó el agua consumida a partir de los cambios de agua y las cantidades aforadas, cuando ingresaban 50 kg de limón al proceso.

Se realizó el cálculo promedio de las cantidades de agua consumidas y el flujo de fruta lavada en el proceso, los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 3. Se observa, que para el primer y segundo lavado de 50 kg de limón se consumieron en promedio 96 l y 60 l de agua, respectivamente, la cual, era desechada una vez que el operario en planta observaba que se encontraba llena de partículas sólidas. No se realizaba ningún tratamiento con el fin de reutilizar o recircular el agua. El flujo de lavado promedio para la primera y segunda etapa fue de 83,33 kg/h y 174,42 kg/h, respectivamente.

**Tabla 3.***Datos lavado y desinfección para 50kg de limón.*

Etapa		Toma					Promedio
		1	2	3	4	5	
Primer lavado y desinfección	Agua consumida [l]	60	60	180	60	120	96
	Tiempo de lavado [h]	0,58	0,52	0,8	0,53	0,57	0,60
	Fruta lavada [kg/h]	85,7	96,8	62,5	93,8	88,2	83,33
Segundo lavado y desinfección	Agua consumida [l]	60	60	60	60	60	60
	Tiempo de lavado [h]	0,33	0,3	0,28	0,27	0,25	0,29
	Fruta lavada [kg/h]	150	167	176	188	200	174,42

**4.1.2. Extracción**

Para establecer mejoras que permitan aumentar la capacidad en la extracción del limón, se recolectaron los datos al procesar 50 kg de limón. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos en esta etapa. Se observa que el flujo promedio de trabajo del equipo fue de 46,95 kg/h, la cantidad promedio extraída de zumo de limón fue de 14,31 kg/h y el rendimiento promedio de la extracción de cítricos estuvo diez puntos porcentuales por debajo del otorgado por el fabricante que es del 40%. El flujo promedio de residuos fue de 32,6 kg/h y en planta se observó una acumulación de bagazo en el filtro de la máquina, el cual obstruía el paso del líquido y hacía necesaria la parada del equipo.

**Tabla 4.***Datos de extracción para 50kg de limón.*

Etapa		Toma					Promedio
		1	2	3	4	5	
Extracción	Tiempo de empacado [h]	0,93	1,33	1,1	1,23	0,87	1,09
	Limón procesado [kg/h]	53,6	37,5	45,5	40,5	57,7	46,95
	Cantidad extraída [kg]	14	17,4	15,4	16,6	13,9	15,46
	Cantidad extraída [kg/h]	15	13	14	13,5	16	14,31
	% Rendimiento	28,1	34,8	30,8	33,2	27,7	30,92
	Residuos [kg/h]	52,6	24,5	31,5	27,1	41,7	32,64

**4.1.3. Preparación**

La pulpa extraída de limón puede tener varios destinos a la hora de la preparación, como pulpa de limón, limonada de coco, limonada cerezada o limonada hierbabuena; dependiendo del destino se procede con la homogenización de los ingredientes de cada una de las presentaciones requeridas.

Teniendo en cuenta las cantidades producidas por TANGO JUICES SAS de pulpa de limón, limonada de coco y limonada cerezada durante el año anterior, se decidió tomar la preparación de la pulpa de limonada de coco como la referencia de la etapa de preparación, ya que es la que presenta mayor demanda actualmente.

En la preparación de la pulpa de limonada de coco, al limón previamente extraído se adiciona el azúcar en el tanque de 250 l, luego toman 15 l aproximadamente de esta pulpa azucarada y se realizan pequeñas preparaciones en la licuadora industrial de 25 l, con el fin de lograr homogenizar todos los ingredientes de la pulpa de limonada de coco, finalmente, cada preparación es añadida a un nuevo tanque de 250 l para ser empacada.

En la Tabla 5 encuentran las cantidades empleadas en cada preparación de limonada de coco en la licuadora industrial, el número de preparaciones y un tiempo promedio de licuado por lote de 0,49 h. Con esta información se pudo determinar el flujo de trabajo promedio de la etapa de preparación de 31 kg/h. La cantidad de lotes para las preparaciones habituales en planta se establecen como una restricción del proceso. Teniendo en cuenta los flujos de trabajo manejados en las etapas previas y el interés de la empresa de aumentar la capacidad de producción se establece que en la preparación las recomendaciones de mejoras vayan direccionadas a aumentar el flujo de trabajo.

**Tabla 5.***Datos preparación de la limonada de coco.*

Etapa		Toma					Promedio
		1	2	3	4	5	
Preparación	Pulpa azucarada [kg]	16	15	15,5	14	15	15,1
	Crema de coco [kg]	7	6	7	6	6	6,47
	Tiempo por lote [h]	0,58	0,47	0,50	0,43	0,47	0,49
	#Preparaciones	6,00	7,00	6,00	7,00	7,00	
	Flujo [kg/h]	27,43	32,14	31,00	32,31	32,14	31,00

**4.1.4. Empacado**

La pulpa de limonada de coco es empacada en la llenadora automática en porciones de diferente peso según su presentación (para vasos 12 onzas o para vasos de 16 onzas) y se conforman paquetes de 10 unidades. Esta pulpa también puede ser empacada en bolsas individuales de kilo; los dos últimos procedimientos mencionados se realizan de forma manual.

Se decidió enfocarse en el empacado de las pulpas para vasos de 12 oz y 16 oz, que vienen en paquetes de 10 unidades de 72 g y 92 g, respectivamente, ya que estas presentaciones son las más vendidas actualmente en la empresa. Los datos de esta etapa se encuentran recopilados en la Tabla 6.

Para el empaque de 50 kg de pulpa se obtuvo un tiempo promedio de empacado de 0,48 h y un flujo promedio de trabajo de 106,44 kg/h. En esta fase los retrasos en la producción se le atribuyen a la conformación de los paquetes que se realiza de manera manual; la máquina llenadora de los *sachets* de pulpa manejó un flujo de 297 kg/h.

**Tabla 6.***Datos del empacado de la limonada de coco.*

Etapa		Toma					Promedio
		1	2	3	4	5	
Empacado	Pulpa [kg]	50	50	50	50	50	50
	Tiempo por lote [h]	0,42	0,45	0,58	0,50	0,43	0,48
	Flujo [kg/h]	120,00	111,11	85,71	100,00	115,38	106,44

#### 4.1.5. Análisis de puntos críticos de control.

En la Tabla 7 se presentan los resultados de la aplicación de la herramienta del árbol de decisiones del Codex Alimentarius para la identificación de los puntos críticos de control (Organización Panamericana de la Salud, 2019), con el fin de tenerlos en cuenta en el planteamiento de mejoras del proceso productivo; el árbol de decisiones [Apéndice B] consiste en una serie sistemática de cuatro preguntas elaboradas para evaluar objetivamente si es necesario un PCC (Punto Crítico de Control), para controlar el peligro identificado en una operación específica del proceso (Organización Panamericana de la Salud, 2019). En esta tabla se encuentran especificadas cada etapa del proceso productivo. Los peligros se dividieron en físicos, químicos y biológicos teniendo en cuenta la literatura. Se realizó la actualización de los peligros previamente identificados por la empresa y se procedió a realizar la aplicación del árbol, el cual permitió identificar un PCC, la etapa de lavado y desinfección.

En la empresa se tiene como política ofrecer pulpas de fruta congeladas con características de sabor, aroma y color lo más parecidas a un fruto recién extraído de forma manual. Por esta razón, las pulpas a excepción de la mora, tamarindo, guayaba y corozo no son sometidas a tratamientos térmicos posteriores a la extracción. Es decir, la etapa de lavado y desinfección es la única en donde se reduce la carga microbiológica y se eliminan los microorganismos patógenos, el barro y la arena con la que viene la fruta, producto del sistema de recolección.

**Tabla 7.**

*Aplicación del árbol de decisiones para la identificación de PCC en el proceso productivo de la pulpa de limón.*

Etapa	Peligro	Descripción	P1*	P2	P3	P4	¿Es un PCC?
Lavado y desinfección de la fruta	Físico	Presencia de partículas extrañas como pedazos de madera, plásticos, cartones, tallos.	Sí			No	Sí
	Químico	Exceso de cloro en la preparación del agua lavado.	Sí	Sí			

	Biológico	Contaminación con microorganismos patógenos por deficiente higiene de las superficies de utensilios y equipos.	Sí			
		Persistencia de microorganismos patógenos por preparación inadecuada de la solución de desinfección.	Sí			
		Contaminación con microorganismos patógenos por malas prácticas higiénicas del personal operativo.	Sí			
Extracción	Físico	Rotura del eje pasador y parte de la exprimidora que aloja el eje del limón.	Sí			
	Químico	No detectado.				
	Biológico	Contaminación con microorganismos patógenos por deficiente higiene de las superficies de utensilios y equipos.	Sí	No	No	No
		Contaminación con microorganismos patógenos por malas prácticas higiénicas del personal operativo.	Sí			
Preparación	Físico	Partículas de vidrio proveniente de las lámparas.	Sí			
		Empaque y partes de cuchilla de la licuadora.	Sí			
	Químico	Dosificación de los aditivos por encima de los valores permitidos en la producción de alimentos.	Sí	No	No	No
	Biológico	Contaminación con microorganismos patógenos por deficiente higiene de las superficies de utensilios y equipos.	Sí			
		Contaminación con microorganismos patógenos por malas prácticas higiénicas del personal operativo.	Sí			
Empaque	Físico	Cuerpos extraños en el material de empaque como polvo, pedazos de plásticos, puntos negros en bolsas plásticas proveniente del soplado.	Sí			
	Químico	Tinta utilizada en la marcación de las bolsas	Sí			
	Biológico	Contaminación con microorganismos patógenos por deficiente higiene de las superficies de utensilios y equipos.	Sí	No	No	No
		Contaminación con microorganismos patógenos por malas prácticas higiénicas del personal operativo.	Sí			

\*P1 ¿Existen medidas preventivas para el peligro identificado en esta etapa?

P2 ¿Esa etapa fue planificada específicamente para eliminar o reducir el peligro a niveles aceptables?

P3 ¿La contaminación con el peligro podría llegar a niveles inaceptables?

P4 ¿Hay una etapa posterior que elimine los peligros o reduzca los mismos a niveles aceptables?

## **4.2. Propuestas de mejoras en los procesos productivos**

### **4.2.1. Lavado y desinfección.**

En la literatura se encontró que en la industria de procesamiento de frutas se emplean en la etapa de lavado y desinfección sistemas de reciclo del agua de lavado después de la sedimentación, la filtración y el saneamiento de esta (Berk & Zeki, 2018). De esta forma, se consigue reutilizar agua disminuyendo el volumen de las aguas residuales generadas. (Canales, Arnaiz, Viengra, & Ayuso, 2006).

En el mercado, las compañías ofrecen diferentes equipos para el tratamiento de vegetales. En unos, el producto es transportado mediante cangilones a través de un tanque y, adicionalmente, rociado desde arriba. Estos equipos cuentan con un llenado de agua mínimo de 24 l, correspondiente a un nivel de agua de 10 mm, hasta un contenido máximo de 130 l, que ofrecen un flujo de trabajo de hasta 650 kg/h (KRONEN, 2018).

También ofrecen lavadoras por inmersión que usan una combinación de agitación del agua para limpieza y vibración para escurrir y transportar. Estas opciones cuentan con una serie de sistemas de filtrado, que aseguran la calidad del agua en la lavadora, esta es recirculada al sistema. Estas lavadoras tienen capacidades de 200-1000 kg/h, que para un flujo de 900 kg/h de fruta manejan un volumen total de 814 l de agua (KRONEN, 2018).

A partir de esto y los resultados obtenidos en la etapa de diagnóstico, se plantea la posibilidad de incorporar en planta una lavadora de frutas por inmersión que combine la agitación y vibración para el lavado y transporte de la fruta. Esto aumentaría la capacidad del lavado de 83,33 kg/h a 200 kg/h, es decir, un 140%. Se sugiere que el equipo cuente con un sistema de filtrado que permita la recirculación del agua de lavado como el de la Figura 11, teniendo en cuenta

la literatura se reduciría el consumo de agua un 21,42%. A su vez, se recomendó que esta lavadora cuente con un sistema de cepillos, ya que el cepillado de la fruta se realiza de manera manual.

**Figura 11.**

*Lavadora de frutas y verduras con sistema de recirculación del agua*



*Nota:* Tomado de (Ltd, s.f.)

#### **4.2.2. Extracción**

Teniendo en cuenta la cantidad total de fruta procesada en un mes de trabajo, se estableció que la capacidad actual de la empresa es de 790 kg/día, sin embargo, en la extracción del limón se mantuvo un flujo promedio de 375,61 kg/día.

En la literatura se encontró que para la extracción de cítricos a pequeña escala se utilizan máquinas que trabajan bajo el principio de reducción de mitades y filtro rotativo. Por esto, se plantea la posibilidad de realizar duplicado del extractor semi automático de cítricos que se encuentra en planta, aumentando así la capacidad del proceso productivo.

En esta etapa se dejó abierta la puerta a futuras investigaciones con los residuos, ya que el 70% del limón ingresado al proceso es entregado como residuos a terceros y la cáscara de esta fruta contiene varios componentes funcionales, como aceite esencial, pectina, carotenoides,

hesperidina y limonina, que son materias primas importantes en las industrias química y farmacéutica (Shan, 2016).

A continuación, se presentan algunas de las estrategias para la valorización de los residuos de cítricos: extracción de aceite esencial y pectina, producción de enzimas, bioetanol, metano, ácidos orgánicos, proteína unicelular, antioxidantes naturales, prebióticos y fibras dietéticas (Mamma & Christakopoulos, 2013).

Las células oleaginosas de la cáscara de los cítricos son ricas en aceite esencial, que comprende aproximadamente entre el 0,5 y el 2% del peso fresco de la cáscara. El aceite esencial se puede utilizar como agente aromatizante en productos de alcohol y tabaco, bebidas, condimentos, dulces y pasteles. También se usa ampliamente en la producción de consumibles, esencias y pesticidas diarios (Shan, 2016).

El desarrollo a futuro de alguna de las estrategias mencionadas generaría beneficios adicionales al obtener productos de alto valor y se estarían estableciendo prácticas más responsables que contribuirían de manera positiva al medio ambiente.

#### **4.2.3. Preparación**

Teniendo en cuenta que en esta etapa la restricción se encontró en la preparación de la pulpa azucarada de limonada de coco se contemplaron 2 opciones para aumentar el flujo de trabajo actual (31kg/h).

Apostarle a la inversión del mezclador de alto cizallamiento, que mejoraría notablemente la calidad del producto al minimizar la separación de las fases presentes en la pulpa de limonada de coco. En el mercado estos mezcladores manejan capacidades de 200 l/lote en adelante.

La otra opción, tiene que ver con realizar duplicado de la licuadora industrial de 25 l que supondría un aumento del 100% de la capacidad actual. Este segundo equipo también serviría de

respaldo, ya que actualmente si la licuadora presenta fallas se detiene completamente la preparación de la pulpa de limonada de coco.

**4.2.4. Balances de masa**

Teniendo en cuentas las mejoras se procedió a realizar el balance de masa con el fin de establecer la capacidad de los equipos a cotizar. Se propuso como flujo de entrada 200 kg/h de fruta, el cuál supondría un aumento del 50% de la capacidad de producción actual. En la Tabla 8 se especifican las condiciones de entrada y en la Tabla 9 se encuentran definidas las variables presentes. En la Figura 12 se presenta el diagrama con el que se realizaron los balances de masa en cada etapa.

**Tabla 8.**

*Condiciones de entrada.*

Condición	
%Rendimiento (Extracción de limón)	35
°Brix limón criollo	7
% Suciedad	0,2
°Brix leche de coco	3
°Brix pulpa de limonada de coco	60
% Leche de coco en la pulpa de limonada de coco	22

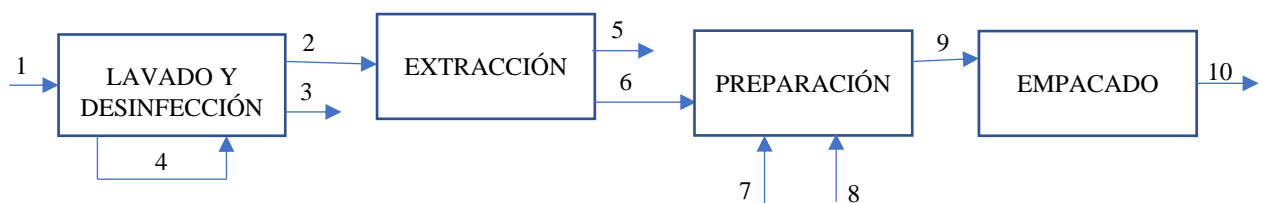
**Tabla 9.**

*Definición de variables.*

Variable	Definición
Fi	Flujo total [kg/H]
L	Limón fruta
Pl	Pulpa de limón
A	Azúcar
L	Leche coco
H <sub>2</sub> O	Agua
Pc	Pulpa limonada de coco
R	Cáscara y bagazo
X <sub>ij</sub>	Fracción másica de i en la corriente j
Rs	Residuos sólidos

**Figura 12.**

*Diagrama de bloques para el balance de masa del proceso para un aumento del 50% de la producción.*



**4.2.4.1. Lavado y desinfección**

- Balance de masa global:

$$F_1 = F_2 + F_3 \quad (\text{Ec. 1})$$

- Balance de residuos sólidos:

$$F_1 X_{RS1} = F_3 X_{RS3} \quad (\text{Ec. 2})$$

#### 4.2.4.2. Extracción

- Balance de masa global:

$$F_2 = F_5 + F_6 \quad (\text{Ec. 3})$$

Los residuos de cáscara y bagazo se hallaron teniendo en cuenta que la operación de extracción de cítricos presenta un rendimiento del 35%

$$F_5 X_{RS5} = 0,65 F_2 \quad \text{donde, } X_{RS5} = 1 \quad (\text{Ec. 4})$$

#### 4.2.4.3. Preparación

- Balance de masa global:

$$F_6 + F_7 + F_8 = F_9 \quad (\text{Ec. 5})$$

- Balance de masa del azúcar:

$$F_6 X_{A6} + F_7 X_{A7} + F_8 X_{A8} = F_9 X_{A9} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde,

$$X_{A6} = 0,07; \quad X_{A7} = 1; \quad X_{A8} = 0,3; \quad X_{A9} = 0,6$$

- Relación adicional dada por la formulación del producto:

$$F_8 = 0,22 F_9 \quad (\text{Ec. 7})$$

#### 4.2.4.4. Empacado

- Balance de masa global:

$$F_9 = F_{10} \quad (\text{Ec. 8})$$

En la Tabla 10 se encuentran los resultados del balance de masa del proceso productivo.

**Tabla 10.**

*Resultados del balance de masa del proceso productivo de la pulpa de limonada de coco.*

Definición	Corriente									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo total [kg/h]	200	199,6	0,4		129,7	69,86	17,47	24,63	111,96	111,96
Limón fruta [kg/h]	199,6	199,6	0	0	0	0	0	0	0	0
Pulpa de limón [kg/h]	0		0	0	0	64,97	0	0	0	0
Azúcar [kg/h]	0		0	0	0	4,89	17,47	0,74	67,17	67,17
Leche coco [kg/h]	0		0	0	0	0	0	23,89	0	0
Agua [kg/h]	0		0	LIT	0	0	0	0	0	0
Pulpa limonada de coco [kg/h]	0	0	0	0	0	0	0	0	44,78	44,78
Cáscara y bagazo [kg/h]		0	0	0	129,7	0	0	0	0	0
Residuos sólidos	0,4									

#### 4.2.5. Cotizaciones de los equipos

En la Tabla 11 se presentan las cotizaciones de las lavadoras de frutas las cuales se propusieron como mejora en el proceso de lavado, teniendo en cuenta que este arrojó ser un punto crítico del proceso. Se propuso la implementación de un sistema de cepillado con el fin de reducir los niveles de riesgo en esta etapa labor que desempeñan de manera manual los operarios encargados. Los equipos se cotizaron con empresas nacionales e internacionales.

**Tabla 11.**

*Cotización lavadora de fruta.*

Empresa	Equipo	Capacidad [kg/h]	Dimensiones [m]	Potencia [kw]	Precio [USD]
Maquinox SAS	Lavadora de burbuja	1000	2,5x1x5	3,5	3550
Maquinox SAS	Lavadora de cepillos	1000	2x1x1	2,25	4600
Zhengzhou Shuliy Machinery	Lavadora de burbuja	500	2,5x1x1,3	3,75	4300
Zhengzhou Shuliy Machinery	Lavadora de Cepillo	500	2x1x1,2	3,25	4100
Makro Imp & Exp. Co, Ltd	Lavadora de burbuja	400-500	2,5x1,1x1,2	3,5	4790
Zhuchen Yazhong Machinery	Lavadora de burbuja	500	2,5x0,7x1	2,25	4280

En la Tabla 12 se observan las cotizaciones de diferentes extractoras de cítricos. En esta etapa se propuso la duplicación de los equipos actuales como medida para aumentar la capacidad del proceso, teniendo en cuenta el flujo de trabajo de la empresa. En el mercado se encontraron extractoras específicamente para las naranjas. Se realizó la cotización con un proveedor nacional para la adquisición del juego de dados adaptables que se ajustarán al diámetro del limón.

**Tabla 12.**

*Cotización extractora de cítricos.*

Empresa	Equipo	Capacidad [kg/h]	Potencia [kw]	Precio [USD]
Gruen SAS	Extractor semi automático de jugo de naranja	300	0,12	1737
	Set completo de dados hembra o macho de exprimidor para limones	-	-	1075
	Extractor semi automático de jugo de naranja con mueble	300	0,12	2224
Henan Shuoman Machinery Equipment Co	Extractor semi automático de jugo de naranja	200	0,12	650
Changzhou New Saier Packging Machinery Co	Extractor semi automático de jugo de naranja	200	0,12	410
Jiaozuo Zhoufeng Machinery Co	Extractor semi automático de jugo de naranja	180	0,12	485

En la Tabla 13 se presentan las cotizaciones de los equipos de mezclado que se proponen como mejora en la etapa de preparación de la limonada de coco.

**Tabla 13.**

*Cotización equipo de mezclado.*

Empresa	Equipo	Capacidad [l]	Potencia [kw]	Precio [USD]
Wusi Maswell Technology	Tanque con HSM	200	2,2	2480
Shanghai Zhuheng Industrial	Tanque con HSM	300	2,2	1980
Wenzhou kinding Machinery	Tanque con HSM	200	2,2	2000
Exhibir Equipos	Licadora Industrial	20	0,75	505

MC ANDINOX	Emulsionador vertical (HSM)	-	4	3700
------------	-----------------------------	---	---	------

HSM: Mezclador de alto cizallamiento

### 4.3. Desarrollo herramienta computacional.

#### 4.3.1. Determinación de los requisitos.

Teniendo en cuenta la cantidad de pulpa extraída y los °Brix de esta, se desarrolló una herramienta que calcularía las cantidades de agua y azúcar a agregar a partir de balances de masa. Seguido de esto debería realizarse el cálculo de los demás ingredientes.

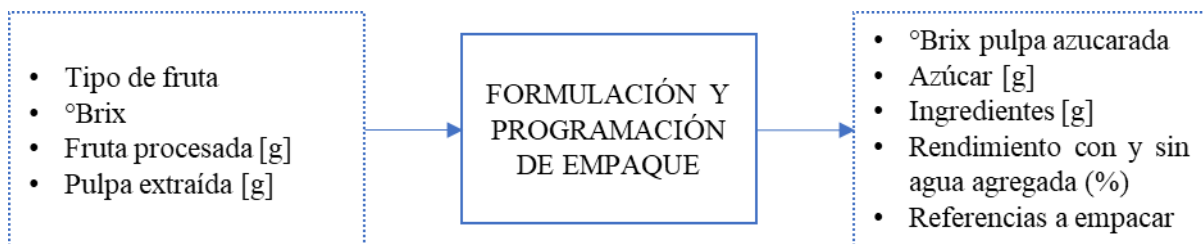
Se estableció que dependiendo de la pulpa extraída la herramienta debería mostrar las referencias, el inventario y las unidades necesarias a empaclar para cumplir el stock mínimo de un mes, basado en los movimientos del año anterior y las proyecciones estipuladas para el año actual.

#### 4.3.2. Definición de la estructura y variables del sistema.

Se definió la estructura del sistema teniendo en cuenta el conjunto de elementos relacionados entre sí, con el fin de lograr los requisitos previamente establecidos. En la Figura 13 se presentan las entradas, los procesos y las salidas de la estructura del sistema.

#### Figura 13.

*Estructura del sistema.*



En la Tabla 14 se realizó la clasificación de las variables involucradas de acuerdo con la literatura, donde x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10 corresponden a los ingredientes agregados a las diferentes pulpas; por cuestiones de confidencialidad de la empresa no serán mencionados.

**Tabla 14.**

*Clasificación de las variables involucradas en la herramienta computacional.*

Variable	Variación	Tipo	Tipo de dato
Tipo de fruta	Corozo, durazno, fresa, guanábana, limón, lulo, mandarina, mango, mango biche, maracuyá, mora, níspero, piña, tamarindo, zapote, tomate de árbol, uva, guayaba.	Cualitativa	
°Brix		Cuantitativa	As Integer
°Brix Azucarado		Cuantitativa	As Integer
Peso fruta procesada		Cuantitativa	As Long
Peso pulpa extraída		Cuantitativa	As Long
Agua		Cuantitativa	As Long
X <sub>1</sub>		Cuantitativa	As Integer
X <sub>2</sub>		Cuantitativa	As Integer
X <sub>3</sub>		Cuantitativa	As Integer
X <sub>4</sub>		Cuantitativa	As Integer
X <sub>5</sub>		Cuantitativa	As Integer
X <sub>6</sub>		Cuantitativa	As Integer
X <sub>7</sub>		Cuantitativa	As Integer
X <sub>9</sub>		Cuantitativa	As Integer
X <sub>10</sub>		Cuantitativa	As Integer
X <sub>11</sub>		Cuantitativa	As Integer
Rendimiento sin agua		Cuantitativa	As Integer
Rendimiento con agua		Cuantitativa	As Integer
Referencias de cada pulpa		Cuantitativa	As long

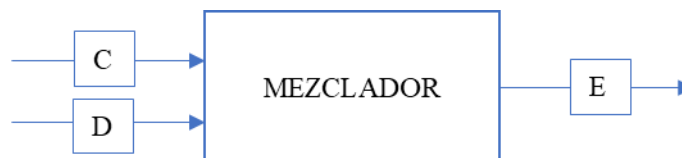
**4.3.3. Programación de los algoritmos a utilizar.**

Para realizar la programación, en primer lugar, se expresó de manera gráfica la secuencia de instrucciones a seguir por la herramienta computacional. En la Figura 15 se encuentra el algoritmo diseñado.

Mediante el diagrama de flujo de la Figura 14 se realizó el balance de masa con el cual se determinó la cantidad de azúcar necesaria para alcanzar los °Brix estandarizados por la empresa para cada tipo de pulpa azucarada. Donde, D y E corresponden a las cantidades en gramos de azúcar y pulpa azucarada, respectivamente.

**Figura 14.**

*Diagrama de flujo ajuste final de los °Brix.*



$$C + D = E \quad (\text{Ec. 9})$$

$$Cx_C + Dx_D = Ex_E \quad (\text{Ec. 10})$$

#### **4.3.3.1. Empaque por referencia.**

Para el empaque de cada referencia dependiendo del tipo de fruta procesada, se estableció que la herramienta utilizaría los datos extraídos del inventario generado por el sistema contable utilizado por la compañía. El inventario es actualizado diariamente en la herramienta.

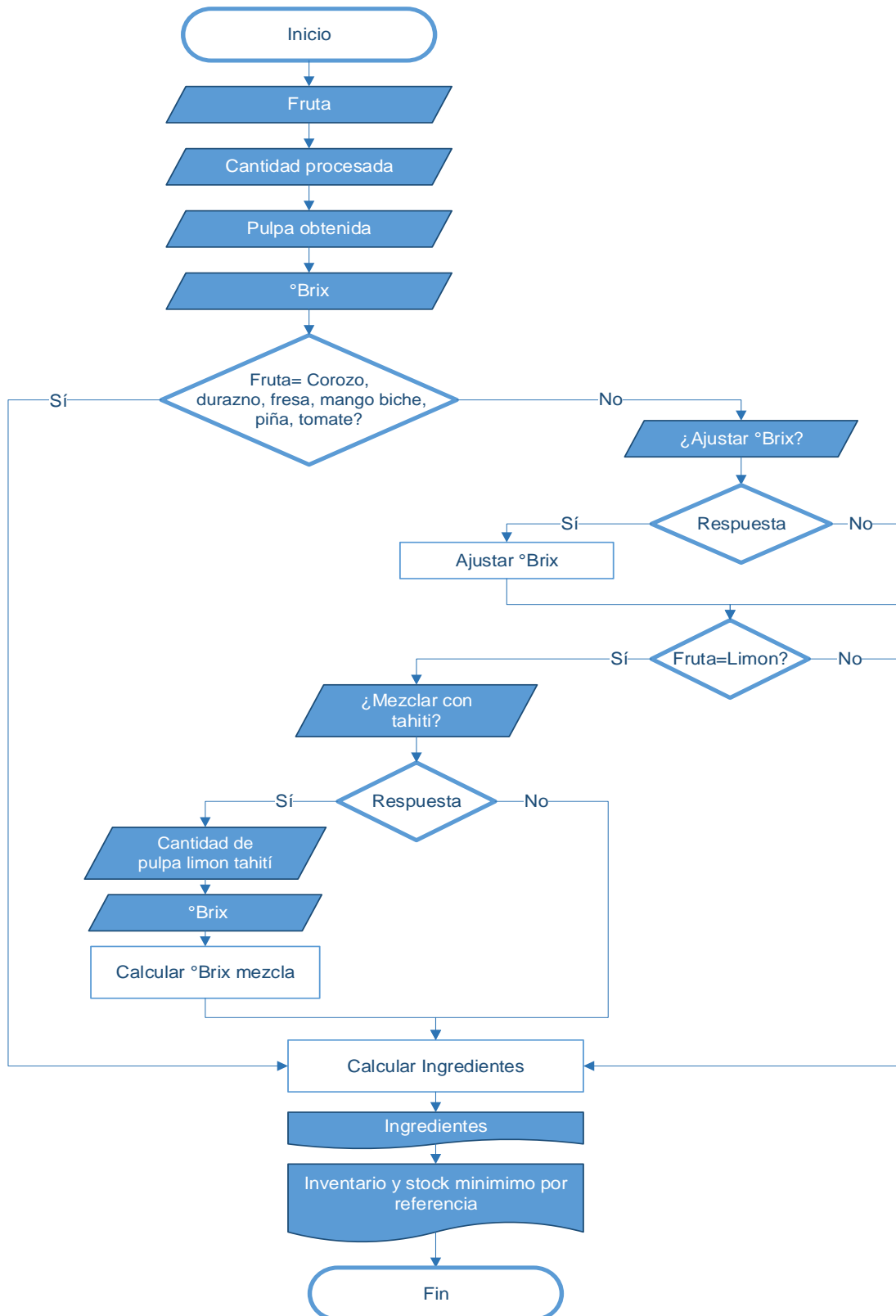
Se determinó que, dependiendo de la fruta ingresada en el día, ésta muestre la cantidad de unidades necesarias a empaquetar por referencia, cumpliendo con el inventario mínimo quincenal establecido a partir de las proyecciones de ventas estipuladas por la empresa para el presente año.

Se estableció que la persona encargada de manejar la herramienta decide, a partir de los datos de empaque arrojados, el arreglo más conveniente para realizar la repartición de la pulpa extraída.

#### **4.3.4. Verificación de la herramienta.**

La verificación se realizó a partir de los datos históricos de la empresa contemplados en el registro de lote maestro, en donde diariamente se anotan las cantidades de fruta procesada, los ingredientes adicionados a las pulpas y las presentaciones empacadas. Se ingresaron en la herramienta los datos antiguos y se rectificó que esta mostrara la misma formulación de ingredientes alojada en el registro.

**Figura 15.**  
*Algoritmo de la herramienta computacional.*



Se realizaron las correcciones en los casos puntuales en donde los datos correspondientes al ajuste de °Brix, la cantidad de ingredientes, rendimientos y presentaciones a empaquetar arrojados por la herramienta eran diferentes a los contemplados en el lote maestro. Se repitió el procedimiento de verificación hasta que no se presentaron diferencias entre los datos calculados por la herramienta y los datos históricos de la empresa. Se ejecutó la programación y se elaboró un manual. En el Apéndice C, se encuentran las instrucciones a seguir para lograr el correcto funcionamiento de la herramienta computacional elaborada.

Teniendo en cuenta que el personal en planta no conocía la interfaz de contabilidad se especificó la manera de generar el inventario diariamente. Este procedimiento corresponde a los pasos del 1 al 7. Luego, en el paso 8 el inventario es copiado y se procede hacer uso de la herramienta. El paso 9, corresponde a la formulación de los ingredientes dependiendo de la cantidad de pulpa extraída. Finalmente, en el paso 10 se muestra la cantidad de unidades a empaquetar de cada referencia dependiendo de la fruta ingresada.

## **5. Conclusiones**

Se determinaron las restricciones del proceso productivo tomando como fruta de referencia al limón y como producto la pulpa de limón coco, calculándose los flujos promedio de fruta y residuos generados, como también el consumo de agua para cada etapa del proceso, y se realizó el análisis de Puntos Críticos de Control (PCC) para tenerlos en cuenta en el lineamiento de las posibles mejoras que permitían aumentar la capacidad de la planta. Esto permitió establecer un punto de partida para la confrontación del estado actual de los procesos de la empresa y la literatura. Durante el análisis se encontraron oportunidades de mejora relacionadas con: el

consumo del agua en el lavado y desinfección de la fruta, donde se observó que esta no se recirculaba; el tiempo de preparación de la pulpa de limón coco, la cual requería preparaciones en pequeños lotes para garantizar la homogenización del producto y el proceso de lavado y desinfección que arrojó ser un PCC.

Se propusieron las estrategias de mejora para aumentar la capacidad de producción en las etapas de lavado, extracción y preparación. En el lavado se plateó incorporar una lavadora de frutas que combinara la agitación y vibración aumentando la capacidad de 83 kg/h a 200 kg/h, además, que contara con un sistema de filtrado que permita la recirculación del agua de lavado reduciendo su consumo en un 21,4% y por último, con un sistema de cepillado por ser esta etapa un PCC. En la extracción se propuso la duplicación del equipo y se dejó abierta la puerta a futuras investigaciones de valorización de los residuos, teniendo en cuenta que el 70% del limón procesado sale como residuo entregado a terceros. En la etapa de preparación se propuso incorporar un mezclador de alto cizallamiento con una capacidad de 200 l/lote o duplicar la licuadora de 25 l utilizada actualmente. Finalmente, se realizó el balance de masa para determinar los flujos de cada etapa proyectando un aumento del 50% de la capacidad actual y se efectuaron las respectivas cotizaciones de los equipos considerando lo arrojado en el balance.

Se desarrolló una herramienta computacional que, de acuerdo a la fruta procesada y cantidad de pulpa extraída, realiza el ajuste de los °Brix y posteriormente la formulación de sus ingredientes. A su vez, muestra las cantidades de unidades a empacar por referencia para cumplir con el inventario mínimo quincenal, a partir del inventario generado por el sistema contable y de las proyecciones de venta. Se realizó la verificación de la herramienta con los datos históricos de la empresa y se elaboró un manual de instrucciones para el personal encargado en planta.

## **6. Recomendaciones**

En base a los resultados obtenidos en el presente proyecto y al aporte bibliográfico, se le recomienda a la empresa extender las estrategias de mejoras a los procesos productivos de la pulpa de mango, mandarina y maracuyá, las cuáles, siguen al limón en la lista de frutas más procesadas por la compañía.

Por otra parte, se le recomienda a TANGO JUICES S.A.S. realizar futuros trabajos de investigación que estén encaminados al aprovechamiento de los residuos generados en la extracción de la pulpa de limón. Teniendo en cuenta que los componentes funcionales de la cascara de esta fruta (aceite esencial, pectina, carotenoides, hesperidina y limonina) permitirían la posibilidad de generar productos de valor agregado y de interés en la industria química y farmacéutica.

### Referencias Bibliográficas

- Akyildiz, A., & Ağçam, E. (2014). Citrus Juices Technology. En A. Malik, Z. Erginkaya, S. Ahmad, & H. Erten, *Food Processing: Strategies for Quality Assessment* (págs. 37-104). New York: Springer.
- Ashurst, P., Hargitt, R., & Palmer, F. (2017). *Soft Drink and Fruit Juice Problems Solved*. Woodhead Publishing.
- Berk, Z. (2018). *Food Process Engineering and Technology*. London: Academic Press.
- Berk, Z. (2018). Mixing. En Z. Berk, *Food Process Engineering and Technology* (págs. 193–217). Academic Press.
- Calzada, S. (7 de Abril de 2012). *Tipos de Datos en VBA*. (ProgramasPeru.com) Recuperado el 2020, de Excel Avanzado: <https://www.excel-avanzado.com/699/tipos-datos-vba.html>
- Canales, C., Arnaiz, A., Viengra, V., & Ayuso, M. (2006). *Guía de mejoras técnicas Disponibles en España del sector de los transformados vegetales*. . España: Centro de Publicacione; Secretario General Técnica; Ministerio de Medio Ambiente.
- Fellows, P. (2000). *Food Processing Technology*. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited.
- Guzman, L. D., Mena, L. G., & Loaiza, J. A. (2013). *Plan De Marketing Del Producto Pulpas De Frutas De La Empresa Exofrut S.A. en la Ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- KRONEN. (2018). *Soluciones de procesamiento de alimentos diseñadas y construídas para la industria de productos frescos*. España: KRONEN GmbH.
- Ltd, Z. S. (s.f.). *Global Sources*. (Publishers Representatives Limited) Obtenido de <https://www.globalsources.com/si/AS/Zhejiang-Sanshon/6008829084550/pdtl/Vegetables-and-fruits-bubble-washing-machine/1056387812.htm>
- Mamma, D., & Christakopoulos, P. (2013). Biotransformation of Citrus By-Products into Value Added Products. . *Waste and Biomss Valorisation* , 529-549.
- Microsoft. (18 de Noviembre de 2018). *Resumen de tipo de datos*. Obtenido de Microsoft: <https://docs.microsoft.com/es-es/office/vba/language/reference/user-interface-help/data-type-summary>
- Moreno Suárez, D. X. (2003). *Guía de procesos para la elaboración de néctares, mermeladas, uvas pasas y vinos*. Bogotá: Convenio Andres Bello.

- Organización Panamericana de la Salud. (17 de Octubre de 2019). *OPS/OMS / Organización Panamericana de la Salud*. Obtenido de 3. ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (HACCP):  
<https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2017/food-safety-hacpp-cha-analisis-peligros-puntos-criticos-control.pdf>
- Sandhu, K. S., Minhas, K. S., & Sidhu, J. S. (2012). Processing of Citrus Juices. En N. K. Sinha, J. S. Sidhu, J. Barta, J. S. Wu, & M. P. Cano, *Handbook of Fruits and Fruit Processing* (págs. 489-535). John Wiley & Sons, Ltd.
- Shan, Y. (2016). Functional Components of Citrus Peel. En Y. Shan, *Comprehensive Utilization of Citrus By-Products* (págs. 1–13.). London: Academic Press.
- Spyropoulos, F., Lazidis, A., & Norton, I. (2017). *Handbook of Food Structure Development*. Royal Society of Chemistry.
- The Nielsen Company (US), LLC. (13 de 08 de 2018). *4 DE CADA 10 COLOMBIANOS ESTÁN CAMBIANDO A LA VERSIÓN SALUDABLE DE SU PRODUCTO PREFERIDO*. Obtenido de Nielsen Company Web Site:  
<https://www.nielsen.com/co/es/insights/article/2018/4-de-cada-10-colombianos-estan-cambiando-a-la-version-saludable-de-su-producto-preferido/>
- Zanini, V. (2013). *Macros en Excel 2013: Programación de aplicaciones con VBA*. Buenos Aires: Fox Andina.
- Zhang, J., Xu, S., & Li, W. (2012). High shear mixers: A review of typical applications and studies on power draw, flow pattern, energy dissipation and transfer properties. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 57-58, 25-41.

## Apéndices

### Apéndice A. Tipos de datos en el lenguaje VBA

La siguiente tabla muestra los tipos de datos compatibles, incluidos los tamaños de almacenamiento e intervalos (Microsoft, 2018).

**Tabla A- 1.**  
*Tipos de datos en el lenguaje VBA.*

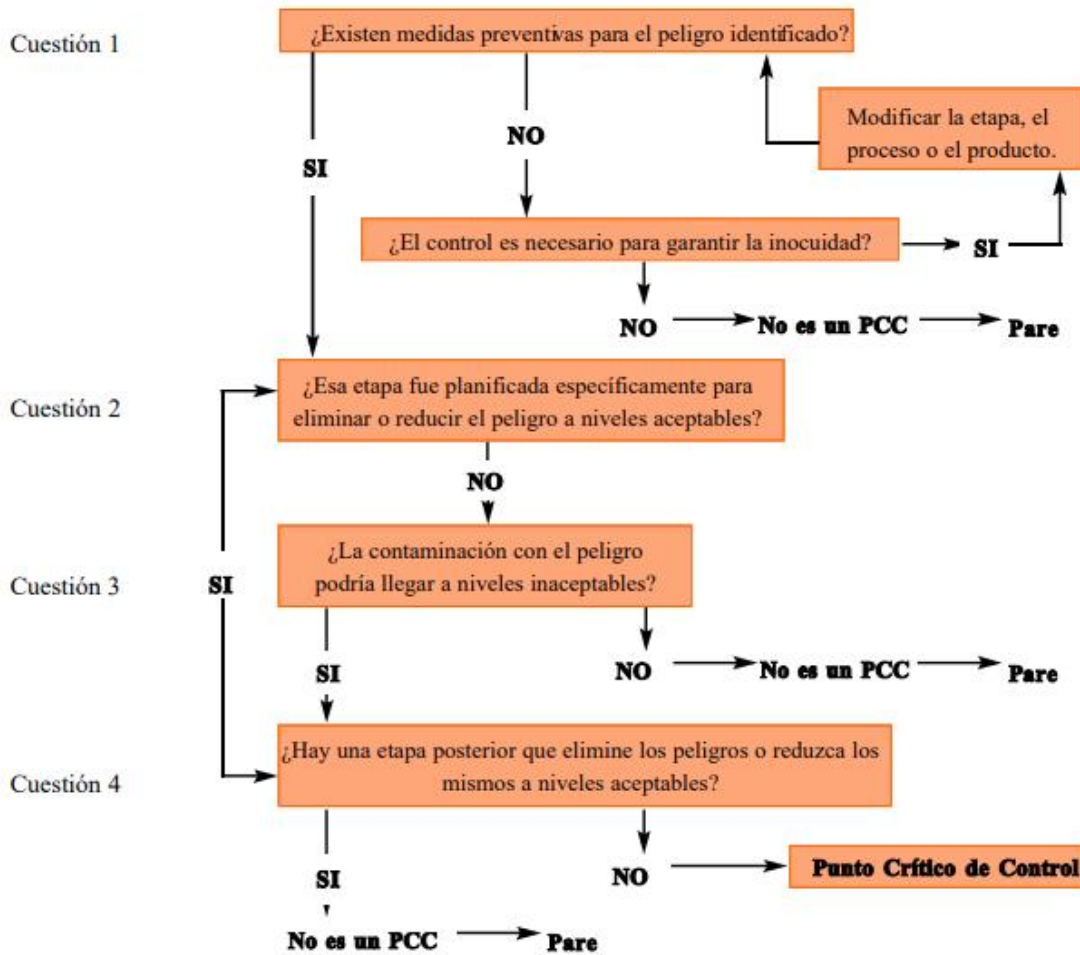
Tipo de datos	Tamaño de almacenamiento	Rango
Booleano	2 bytes	True o False
Byte	1 byte	de 0 a 255
Moneda	8 bytes	De -922.337.203.685.477.5808 a 922.337.203.685.477,5807
Fecha	8 bytes	1 de enero de 100 a 31 de diciembre de 9999
Decimal	14 bytes	+/- 79 228 162 514 264 337 593 543 950 335 sin decimales
Integer	2 bytes	-32768 a 32768
Long	4 bytes	-247483648 a 247483648
Object	4 bytes	Cualquier referencia de <b>objeto</b>
Single	4 bytes	-3,402823E38 a -1,401298E-45 para valores negativos 1,401298E-45 a 3,402823E38 para valores positivos
String	10 bytes + longitud de cadena	De 0 a aproximadamente 2 mil millones
Definido por el usuario (mediante <b>type</b> )	Numero requerido por los elementos	El intervalo de cada elemento es el mismo que el intervalo de su tipo de datos.

*Adaptado de:* (Microsoft, 2018)

**Apéndice B. *Árbol de decisiones para la determinación de un PCC***

La determinación de un PCC (Punto Crítico de Control) en el sistema HACCP puede ser facilitada por la aplicación de un árbol de decisiones como el de la Figura B-1. La aplicación del árbol de decisiones debe ser flexible, según el tipo de operación (producción, abate, procesamiento, almacenaje, distribución u otro) (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

**Figura B-1.**  
*Árbol de decisiones para la determinación de un PCC.*



Tomado de: (Organización Panamericana de la Salud, 2019)

Apéndice C. Instrucciones para el correcto funcionamiento de la herramienta computacional.

Figura C-1

Instrucciones para el correcto funcionamiento de la herramienta computacional.

### 1 INGRESO A LOS USUARIOS

Usuario: FTAPIA  
Clave:  
Empresa: 1

Clic en Entrar



### 2 MANEJO DE INVENTARIOS

En el **Menú Principal** de doble clic en el **Item 3 Manejo de Inventarios**



### 3 INFORMES

Doble clic en el icono de **Informes**.



### 4 MOVIMIENTO DE INVENTARIOS

En **Informes** doble clic en el ítem: "h.- **Movimiento de Inventarios Items x Sucursal**"



### 5 GENERAR MOVIMIENTO DE INVENTARIOS

1. Cambie la **Fecha Inicial** quince días antes de la fecha actual.
2. Doble clic en **Generar**.



### 6 ARCHIVO GENERADO

Espere a que el programa muestre el aviso de "ARCHIVO GENERADO" luego, doble clic en **Aceptar**.



3. Clic en **Sí**.



Figura C-2.

Segunda parte de las instrucciones para el correcto funcionamiento de la herramienta computacional

### 7 BUSQUEDA DEL ARCHIVO

1. Abra el **explorador de archivos**.
2. Seleccione la Red **"EQUIPO-PC"**.
3. Abra la carpeta **Ossadow7-sql**.
4. Doble clic en el archivo generado de movimiento de inventarios  
**Importante:** Rectificar que la fecha de modificación coincida con la actual.

### 8 COPIA DEL INVENTARIO

1. Seleccione todos los datos, luego Ctrl+C.

2. Luego en la **Herramienta** ir a la pestaña de **Inventario**.

3. En la casilla de **código** en el teclado Ctrl+V.

### 9 FORMULACIÓN

1. Abra la **Herramienta** la pestaña de **Formulación**.
2. Oprima en **Iniciar**.
3. Ingrese el **número correspondiente** a la fruta procesada (Ver Tabla 1).
4. Ingrese la cantidad de **fruta procesada** en gramos.
5. Ingrese la cantidad de **pulpa obtenida** en gramos.
6. Ingrese los **°Brix** (Tener en cuenta que en la Tabla 1 se encuentran los valores de referencia).

En la Tabla 2 se muestran los ingredientes. Tener en cuenta que el valor de azúcar mostrado es para el caso en que se fuera azucarar toda la pulpa extraída.

### 10 EMPAQUE

En la **Tabla 3** la columna **UND. A EMPACAR** muestra la cantidad de paquetes, bolsas o botellas que se necesitan empaque para el periodo de quince días.

Con base al **INVENTARIO** actual presentado en la tabla distribuir las unidades a empaque.

EMPAQUE				
16/08/2019				
FRUTA		Corozo		
CODIGO	PRESENTACION	PESO X UND [g]	UNDA EMPACAR	INVENTARIO
PFCOX2	CorozoBolsaX2025G	2025	-	20
PFCOX1	CorozoBOLSAX1000G	1000	97	61
PFCOX1.7	CorozoBolsaX1700G	1700	32	20
PFCOX1.5	CorozoBolsaX1500G	1500	14	33
PFCOX4L	Corozo SA X1000G	1000	6	34
PFCOX340	CorozoPAQx80GX10UND	800	23	26
PFCOX450	CorozoPAQx107GX10UND	1070	62	28
PFCOX12	CorozoPAQx100GX10UND	1000	61	29
PFCOX16	CorozoPAQx134GX10UND	1340	156	41

Tabla 3. Empaque