



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO
ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA (*Citrus sinensis*).”**

Realizado por:

FELIPE SEBASTIÁN LÓPEZ SERRANO

Director del proyecto:

MSc. Emma Ivonne Carrillo Paredes

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL

Quito, 25 de julio del 2017

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, FELIPE SEBASTIÁN LÓPEZ SERRANO, con cédula #172329769-1, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'FELIPE SERRANO', is written over a large, stylized, handwritten mark that resembles a large 'S' or a similar symbol.

CC: 172329769-1

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO
ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA (*Citrus sinensis*).”**

Realizado por:

FELIPE SEBASTIÁN LÓPEZ SERRANO

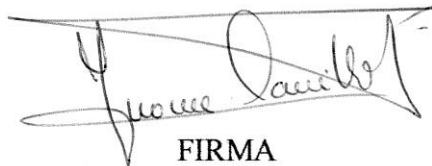
Como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL

Ha sido dirigido por la profesora:

EMMA IVONNE CARRILLO PAREDES

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor



FIRMA

LOS PROFESORES INFORMANTES:

Los profesores informantes:

JOHANNA MEDRANO

WALBERTO GALLEGOS

Después de rebosar el trabajo presentado, lo han calificado como apto para su defensa ante el tribunal examinador



FIRMA



FIRMA

DEDICATORIA

Dedicado a todos los alumnos y profesores de la Facultad de Ciencias Ambientales de la
Universidad Internacional SEK.

AGRADECIMIENTOS.

A los vendedores ambulantes de jugo de naranja de la ciudad de Quito, por la donación de la materia prima y su participación en las entrevistas realizadas.

A mi directora de tesis, Emma Ivonne Carrillo Paredes, por dar la idea clave para el proyecto, por ayudarme a ser un profesional de clase, por ser más que una maestra, una amiga.

A mis revisores, Johanna Medrano Barboza y Walberto Gallegos Eras, por sus correcciones y comentarios, los cuales fueron de gran ayuda en la finalización del proyecto.

A mi esposa e hija, que han sido el motor para la finalización de este proyecto, dándome todo su amor y cariño, acompañándome en largas noches sin dormir para cubrir los detalles del proyecto, siempre van a ser mi único motivo de prosperar y salir adelante.

A mis padres, que incluso a la distancia nunca han dejado de apoyarme y exigirme más de lo que puedo, por ser mi mano derecha en todos los problemas, no es justo ofrecerles estas simples hojas a las dos personas que me han ofrecido su vida entera para verme crecer.

A mi compañera de laboratorio, Cynthia Almeida Echeverría, por trabajar junto a mí largas horas de experimentación, dándome todo su apoyo y colaboración, porque juntos alcanzaremos metas.

Al arquitecto Paúl López, por su asesoría en el diseño de la planta piloto con ayuda del programa AutoCad y su colaboración con un costo aproximado de instalación.

A todos mis amigos y familiares que siempre me han apoyado a lo largo de la carrera, ayudándome a corregir errores de redacción en este proyecto, por estar ahí para mí, porque este logro no es solo mío, es de todos quienes han estado conmigo dándome fuerzas para seguir adelante.

Para someter a: *Rev. Ingeniería y Ciencia*
To be submitted: *Rev. Ingeniería y Ciencia*

**DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO
ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA (*Citrus sinensis*).**

Felipe Sebastián López Serrano, Emma Ivonne Carrillo Paredes *

¹ Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito,
Ecuador.

*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: MSc. Emma Ivonne Carrillo Paredes,
Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito,
Ecuador.

Teléfono: +593 99 917 5933; email: emma.carrillo@uisek.edu.ec

Título corto o Running title: Diseño de una planta para producción de jarabe usando
aceite esencial de la naranja.

Resumen.

En la actualidad se producen aproximadamente 40 millones de toneladas de cáscaras de frutas cítricas en todo el mundo. En la ciudad de Quito, existen aproximadamente 600 vendedores ambulantes de jugo de naranja, los cuales generan 16.200 kg diarios de residuos sólidos (cáscaras de naranja), que producen olores desagradables debido a la fermentación y generación de gas metano en el relleno sanitario, contribuyendo a la contaminación ambiental generada por el hombre.

El presente trabajo tuvo por objeto realizar un proceso donde se logra la transformación del residuo de naranja en materia prima para la elaboración de un nuevo producto, el resultado obtenido fue un jarabe para infusión para té con sabor a naranja, proveniente de la extracción del aceite esencial de la cáscara de la fruta cítrica mediante destilación simple, para lo cual se diseñó una planta piloto que simula el proceso a partir de la recolección de la materia prima (cáscaras de naranja), hasta la elaboración del jarabe a través del aceite esencial para su posterior venta al público en cajas de 12 sachetes.

Se realizaron pruebas en el laboratorio que muestran un rendimiento eficiente del producto final, el cual genera 270 g de aceite esencial con agua a partir de 250 g de cáscara, extrapolando los datos experimentales para producir 1000 L/día de jarabe con sabor a naranja se elaboró un proceso a gran escala a través del diseño de la planta piloto, cuyo análisis económico demostró que el diseño es viable para su implementación en el Distrito Metropolitano de Quito con un presupuesto de inversión de \$ 264.495,00.

Palabras clave: Aceite esencial, jarabe, cáscara de naranja, destilación simple, planta piloto

Abstract.

Nowadays, 38 million tons of citrus peels are produced around the world. In Quito, there is approximately 600 orange juice street sellers, whom generate around 16.200 Kg of solid waste daily. These wastes produce unpleasant odors because of fermentation and gas methane emission in the landfill that contributes to environmental pollution.

This work tried to simulate a process that transforms the recyclable orange peels into raw material for the elaboration of a new product, generating an added value to the residuals usage. The new product obtained is an orange flavored tea infusion syrup that came from the extraction of essential oil of the citrus peel by simple distillation. A pilot plant was designed to simulate the process from the collection of the raw material (orange peels) to the elaboration of the syrup. The product will be offer in boxes with 12 sachets each one.

Some laboratory tests had been performed in order to prove the final product efficiency, which generates 270g of essential oil with water from 250g of orange peel. Using the experimental data to produce 1000 L/day of orange tea infusion syrup a design of a pilot plant was elaborated. Furthermore, an economic analysis was made which showed that the project is feasible to install in the Metropolitan District of Quito with an investment budget of \$264.495, 00.

Key words: *Essential oil, syrup, orange peel, simple distillation, pilot plant.*

Introducción.

Naranja (Citrus sinensis)

La naranja pertenece a la familia de las Rutáceas, siendo los países con clima cálido y templado el lugar óptimo de desarrollo, fruto cítrico compuesto de carpelos que se separan fácilmente, cada uno de ellos tiene pulpa de color anaranjado, varias semillas y distintas células jugosas, todas las partes mencionadas están cubiertas por el exocarpo, el cual contiene cantidad enorme de glándulas llenas de aceites esenciales. Según Zuc (1998), la naranja es el fruto más producido a nivel mundial, llegando a alcanzar un volumen aproximado de 8 millones de toneladas anuales debido a sus variados usos y presentaciones en el mercado para el consumo diario, como son jugos, enlatados, elaboración de mermelada y obtención de aceite esencial.

Sharma (2016), establece que los cítricos y su variedad de productos son una fuente rica de vitaminas, minerales y fibras dietéticas esenciales para la nutrición y desarrollo del cuerpo humano. Recientemente se ha determinado que los compuestos de dichas frutas reducen el riesgo de múltiples enfermedades crónicas cardiovasculares y degenerativas porque actúan como anticancerígenos, antiinflamatorios y antitumorales.

Todas las frutas cítricas en el mundo se caracterizan principalmente por su gran tamaño y porque contienen grandes cantidades de ácido cítrico, el mismo que ofrece ese sabor característico, asimismo, contienen varios compuestos oxigenados y terpenos que otorgan al cítrico un aroma profundo. Yáñez (2007), menciona que a partir de la naranja no solo se puede aprovechar su jugo alimenticio, sino que además se pueden obtener aceites a partir de la cáscara que posteriormente son usados en varias industrias como aromatizantes y como ingrediente básico dentro de perfumería, alimentos, agronomía y farmacia.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

En la ciudad de Quito actualmente se realiza jugo cítrico a partir de la naranja colombiana (*Citrus sinensis*). El proceso de la elaboración de jugo conlleva a una generación de desechos como cáscaras, pulpa y semillas, que han contribuido con la contaminación ambiental, provocada por el hombre a nivel mundial. Los residuos generados día a día pueden ser empleados para la obtención de productos nuevos extrayendo el aceite esencial y pectinas que se encuentran en la cáscara de la naranja, según Cerón y Cardona (2010), el implantar un valor agregado a los residuos de procesos similares a la elaboración de jugos cítricos apoyaría a reducir el impacto ambiental producido.

Crterios para la seleccin de materia prima

El proceso de seleccin de materia prima es un punto fundamental para realizar el proceso de destilacin debido a que el control de calidad del material vegetal debe cumplir con estndares impuestos donde se mencionan las caractersticas que la materia prima debe tener al momento de su recepcin por parte del personal calificado, cumpliendo as varios requisitos mencionados a continuacin.

En relacin a la apariencia del material vegetal, el color de la naranja no debe ser verdoso, debe tener olor caracterstico a naranja y finalmente, la naranja no deber estar estropeada, aplastada o podrida. La textura, debe ser suave y firme, no debe ser blanda ni tener restos de moho o colorantes compuestos por pigmentos, solventes orgnicos, espesantes y aditivos que pueden quedar impregnados en las cáscaras de la naranja y que pueden ser perjudiciales si se los consume por vía oral.

Si la materia prima que se va a seleccionar cumple con las caractersticas previamente impuestas, ser aceptada.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Tabla 1. Criterios de aceptación y rechazo de materia prima (cáscaras de naranja).
Elaborado por Felipe López

SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA			
COLOR	ANARANJADO	NO VERDE	NO NEGRO
OLOR	CARACTERÍSTICO	NO FÉTIDO	
APARIENCIA	NO APLASTADA	NO MAGULLADA	NO PODRIDA
TEXTURA	FIRME	NO BLANDA	SIN RESTOS DE MOHO

Para el diseño, se estableció un 5 % de pérdida en el proceso de selección de materia prima en base a las características mencionadas con anterioridad, a fin de garantizar un proceso de producción eficiente y el costo de la planta.

Aceite esencial

Los aceites esenciales, también conocidos como aceites volátiles, son mezclas complejas de varias sustancias de olor intenso que en su mayoría están presentes en los vegetales. Se ha comprobado que a temperatura ambiente poseen una volatilidad alta, pero también tienen propiedades antivirales, antimicóticas, antioxiyénicas, antiparasíticas e insecticidas, las cuales han generado gran interés en el ámbito científico (Ortuño, 2006). Yáñez (2007) sostiene que los aceites esenciales tienen origen en las partes verdes del vegetal, en el momento de su desarrollo, son llevados a varios tejidos y a los brotes de la flor. En la actualidad se desconoce la función del aceite esencial en un vegetal, ya que puede servir para atraer insectos en la polinización o repelerlos de ser nocivos, o simplemente puede ser un producto metabólico intermedio.

Estos aceites se encuentran en varias partes de la planta, por ejemplo en las hojas del eucalipto, hierbabuena, menta, romero, salvia, etc., en las raíces del jengibre, valeriana,

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

sándalo, cúrcuma, etc., en las semillas del anís, comino, hinojo, cardamomo, etc., en el tallo de la canela, en las flores de lavanda, manzanilla, tomillo, rosa, etc., en los frutos como la nuez, perejil, pimienta, etc., y finalmente en el pericarpio de varios frutos como son el limón, la mandarina y la naranja (Albarracín, 2013). Se caracterizan por su olor penetrante y agradable que indica de dónde provienen, algunas veces tienen un sabor cáustico e irritante y otras dulce y aromático. Es una sustancia poco soluble en agua ya que tiene un aspecto oleoso, refracta la luz polarizada, lo cual ayuda en gran parte a controlar su pureza, además presenta un poder rotatorio particular debido a que se componen de diversos productos activos.

Para poder extraer el aceite esencial de la cáscara de la naranja, Guerra (2008), recomienda un método llamado destilación simple mediante la cual se lleva a estado de ebullición una suspensión acuosa de un material vegetal aromático, el cual siempre debe estar en contacto con el agua, esta debe ser suficiente para llevar a cabo el proceso, evitando así, un sobrecalentamiento o una carbonización del material vegetal porque lo último provoca olores desagradables en el producto final deseado. Con la ayuda de dicho proceso, el componente más volátil será recogido por condensación debido a la generación de vapor dentro del balón y finalmente el residuo del material vegetal quedará en el recipiente de calentamiento.

Hoy en día se ha demostrado que el aceite esencial extraído a partir de la cáscara de la naranja contiene excelentes propiedades sedantes y además es buen antidepresivo, esto se apoya en la opinión de aroma-terapeutas los cuales apoyan la idea que el aroma ayuda en gran parte a activar la circulación de la sangre, a mejorar la comunicación y también se ha comprobado que es excelente para reducir la celulitis.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Dentro de la industria farmacéutica y cosmética el aceite esencial es muy utilizado debido a que limpia la piel opaca gracias a sus propiedades germicidas, antioxidantes y anticancerígenas (Cerón y Cardona, 2010).

Si el aceite esencial se deja en contacto con el aire se oxida, se solidifica o se resinifica, lo cual produce una pérdida significativa en su olor característico. La presencia de aire en el aceite esencial provoca una transformación no deseable en los terpenos que constituyen la sustancia, razón por la cual se los trata de eliminar ayudándose de diversos procesos más complejos que producen las esencias desterpenadas, que son mucho más solubles e inalterables (Albarracín, 2013).

En la industria colombiana se ha realizado la obtención de aceite esencial con la técnica de extracción con vapor de agua generando un rendimiento relativo alto, la simulación realizada por Cerón y Cardona (2010), ha mostrado que los compuestos de mayor cantidad en el aceite esencial son los conocidos monoterpenos, unidades terpénicas que contienen 10 carbonos en su estructura química, siendo el d-limoneno, el monoterpeno hidrocarbonado más abundante en el aceite esencial que se extrae de la cáscara de la naranja, determinando así, las propiedades mayoritarias biológicas del mismo. Al final de cualquier proceso dentro de la industria encargada de la extracción de aceites esenciales, se puede obtener gran cantidad de residuo del material vegetal dentro del matraz de destilación, el cual puede ser utilizado posteriormente en otro proceso para extraer la pectina del fruto que son muy utilizadas al momento de espesar y gelificar alimentos, más comúnmente dentro de la industria alimentaria.

Según la normativa para alimentos en el Ecuador, Codex Alimentarius (2003), no existe ningún registro de fertilizantes o pesticidas presentes en el aceite esencial de la naranja, por ende, en el proceso de destilación no se va a encontrar ningún porcentaje de

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

plaguicida usado en la producción de naranjas, pero en el futuro, para asegurar la calidad del producto final, se pueden realizar análisis de cromatografía, PLC, etc., para poder descartar cualquier porcentaje de pesticidas presente en las cáscaras de naranja.

Aplicaciones del aceite esencial

Sus aplicaciones son extensas debido a las numerosas propiedades que contienen, por ejemplo, dentro de la industria cosmética, para la elaboración de perfumes por su fragancia; en la industria alimenticia, para la elaboración de bebidas, salsas, aditivos, jarabes; en la industria licorera, para formulaciones amargas, aperitivos, licores regionales; en la industria farmacéutica, para la elaboración de repelentes, piojicidas, extractos para dolencia, analgésico tópico, desinfectantes, mentoles, desodorantes, jabones, suavizantes; en la industria agroquímica para la producción de bioinsecticidas, fertilizantes; y finalmente en la industria petroquímica, para la elaboración de lubricantes, enmascaradores de olores, disolventes biodegradables, disolventes para limpieza (Navarro, 2012).

Jarabe para infusión de té

Hoy en día, muchas personas en el mundo han optado por una dieta sana tomando en cuenta que el consumo de productos completamente naturales ayuda a un mejor desarrollo y nutrición del cuerpo humano. Un estudio realizado por Sharma (2016) presenta que en la República de Corea existe una gran demanda de aditivos alimenticios naturales ya que varios consumidores esperan que la dieta sea segura y además ayude a promover la salud. Las frutas cítricas en Ecuador son consumidas como frescas y en diferentes tipos de productos elaborados con las mismas, por ejemplo, fruta deshidratada, mermelada, jugos frescos y agentes aromatizantes que distintas industrias necesitan para mejorar el aroma de sus productos. Al finalizar la producción de cualquier bien tangible usando frutas cítricas, se genera una cantidad gigante de residuos a nivel mundial, los cuales pueden ser tratados

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

produciendo una variedad de innovadores productos que aprovechen el cien por ciento de lo que se genera como desperdicio en todos los países que se encuentren generando ingresos por medio de la industria alimentaria.

El jarabe para infusión como té con sabor a naranja es una de las alternativas que ingresa en una dieta saludable debido a que es simplemente una mezcla adecuada del aceite esencial extraído de la cáscara de naranja, con cuatro soluciones de agua con pectina cítrica, carboximetilcelulosa, ácido cítrico y glucosa con azúcar. El aceite esencial se extrae de las cáscaras de las naranjas sin pulpa, fruto del proceso de elaboración de jugo de naranja. Las cantidades para fabricar el jarabe varían en dependencia de cuánto se desea producir. El producto se envasa en sachetes que contienen 40 gr de jarabe de naranja.

Para el consumo se vierte todo el contenido del sachet en 100 mL agua bien caliente para que el jarabe se diluya correctamente en la taza y pueda ser tomado dejando enfriar a una temperatura entre 30 y 40 ° C. El jarabe tiene excelentes propiedades organolépticas, lo que conlleva a una buena calidad de producto final.

Al momento de la elaboración del producto final, se midió un parámetro importante para el diseño de la planta piloto, la densidad de cada una de las soluciones preparadas y el aceite esencial destilado se presentan a continuación en una tabla:

Tabla 2. Densidades de soluciones para la elaboración de jarabe a 20 ° C. Elaborado por Felipe López.

DENSIDAD A 20 ° C	
PRODUCTO	gr/cm³
PECTINA CÍTRICA	1,05
CARBOXIMETILCELULOSA	1,01

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

GLUCOSA CON AZÚCAR	1,31
ÁCIDO CÍTRICO	1,18
ACEITE ESENCIAL	0,92
JARABE	1,11

Registro sanitario

Según la normativa ecuatoriana 2337:08, el jarabe de naranja para infusión como té consta dentro de la definición de bebida de fruta. “Es el producto sin fermentar, obtenido de la dilución del jugo o pulpa de fruta, concentrados o sin concentrar o la mezcla de éstos, provenientes de una o más frutas con agua, ingredientes endulzantes y otros aditivos permitidos.” (NTE INEN 2 337:2008).

Los requisitos específicos para las bebidas de frutas son seis, pasando por elaboración del producto, análisis microbiológicos, inspección, envasado y rotulado, los cuales van a ser descritos a continuación:

El primer requisito, las bebidas de frutas deben aportar un máximo de naranja de 5 % m/m (porcentaje peso/peso), con acidez superior a 1 mg por cada 100 cm³.

El segundo requisito sostiene que la bebida debe tener pH inferior a 4.5.

El tercer requisito propone que los grados Brix de la bebida serán proporcionales al aporte de la fruta.

El cuarto requisito son análisis microbiológicos donde se hace hincapié en que el producto elaborado debe estar libre de bacterias patógenas, toxinas y cualquier otro microorganismo que cause descomposición del mismo o represente algún riesgo a la salud del consumidor.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

El quinto requisito sugiere que el producto debe ser envasado en un recipiente que asegure la integridad e higiene durante el almacenamiento y transporte.

El sexto requisito señala que, el rotulado debe indicar claramente la forma de consumir el producto y no debe tener descripciones de características del producto final que no puedan ser comprobadas.

Residuos de naranja

En las fábricas de zumo, de cada tonelada de naranja, el 50 % se transforma en zumo y el 50 % restante es subproducto o residuo (Jaramillo, 2008). La generación excesiva de residuos en las ciudades grandes van de la mano con el crecimiento poblacional apoyando a la economía del sector, pero todo esto acelera la contaminación por el frecuente uso de productos que generan residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.

Los residuos urbanos menciona Álvarez (2012), son aquellos que son producidos en domicilios particulares, quienes son los generadores de mayor abundancia. Dentro del contexto a analizar, un residuo biodegradable se desintegra sin causar alteraciones al ambiente, pero en este caso, las cáscaras de las naranjas usadas para la elaboración de un nuevo producto se convierten en un residuo reutilizable y se logra aprovechar casi el 100 por ciento del mismo al momento que éste se transforma en un beneficio para la elaboración de un producto novedoso, estableciéndose asimismo, un valor agregado obtenido de residuos que frecuentemente son vertidos como desechos. Es importante que el aceite esencial se extraiga de la cáscara de la naranja antes de ser tirada en los vertederos ya que dichos aceites presentes en los cítricos afectan negativamente en el proceso de fermentación y descomposición bacteriana, por ende todos los residuos de frutas cítricas se deben procesar rápidamente antes de que se produzcan cambios en la composición (Sharma, 2016).

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

El objetivo principal de este estudio, es diseñar una planta piloto para la elaboración de jarabe a partir de la extracción del aceite esencial de las cáscaras de la naranja y darle un valor agregado a los residuos generados en el proceso de producción de jugo de naranja que se vende en las calles y avenidas por vendedores ambulantes en la ciudad de Quito, con el fin de ayudar al mejor manejo de residuos sólidos orgánicos.

Elaboración de jarabe para infusión como té a nivel de laboratorio

Obtención del aceite esencial:

Despulpado de la fruta: Se realizó una separación de la pulpa y la cáscara de la naranja utilizando una cuchara, dejando presente solamente la cáscara del cítrico.

Lavado: Se procede a lavar las cáscaras con abundante agua para retirar suciedad e impurezas.

Cortado: Las cáscaras lavadas son cortadas para que puedan entrar en la boca del balón para su posterior proceso.

Pesado: Se utilizó una balanza precisa para pesar la cantidad necesaria que ingresará al proceso de destilación.

Destilación: Con la ayuda de una plancha de calentamiento, un balón, una te de vidrio, un refrigerante y un vaso de precipitación, se procede a calentar 250 gramos del material vegetal sumergido en 300 mL de agua destilada a una temperatura de 88 °C alrededor de 60 minutos, recogiendo finalmente el aceite esencial que servirá como materia prima para la elaboración del producto final.

Proceso de mezclado a nivel de laboratorio:

Solución de ácido cítrico: Se colocan 50 gramos de ácido cítrico en 80 mL de agua destilada en un vaso de precipitación, se mezcla a 80 revoluciones por minuto durante 5 minutos.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Solución de glucosa y azúcar: Se colocan 100 gramos de glucosa de maíz, 100 gramos de azúcar blanca y 100 mL de agua destilada, se calienta la solución a 400 ° C con la ayuda de una plancha de calentamiento y se mezcla durante 10 minutos a 40 revoluciones por minuto.

Solución de pectina cítrica: Se hierve en una olla 1600 mL de agua durante 5 minutos con ayuda de una plancha de calentamiento a 400 ° C, se diluye 5.25 gramos de pectina en polvo en 150 mL de agua destilada en un vaso de precipitación y se coloca dentro de la olla con agua hirviendo, simulando un ‘Baño térmico’, se mezcla durante 20 minutos a 180 revoluciones por minuto.

Solución de carboximetilcelulosa: Se hierve en una olla 1600 mL de agua durante 5 minutos con ayuda de una plancha de calentamiento a 400 ° C, se diluye 0.75 gramos de carboximetilcelulosa en 150 mL de agua destilada en un vaso de precipitación y se coloca dentro de la olla con agua hirviendo, simulando un ‘Baño térmico’, se mezcla durante 15 minutos a 180 revoluciones por minuto.

Mezclado de solución de pectina cítrica con solución de carboximetilcelulosa: Se vierten las dos soluciones en un vaso de precipitación con capacidad de 1000 mL y se mezclan durante 2 minutos. Se mide viscosidad con ayuda de un viscosímetro que tenga huesillo L4 a 60 revoluciones por minuto hasta llegar a un valor aproximado de 204 cP.

Preparación del producto final:

Se mezclan 130 mL de la solución de carboximetilcelulosa con 120 mL de la solución de pectina cítrica, se añade 240 mL de la solución de glucosa con azúcar, se vierten 5 mL de la solución de ácido cítrico, y finalmente se agregan 100 mL de aceite esencial extraído por destilación. Mezclar durante 5 minutos a 130 revoluciones por minuto y se obtiene 550 mL de jarabe para infusión de té con sabor a naranja.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Cálculos de diseño de la planta piloto para la elaboración de jarabe para infusión como té

El diseño de la planta para producción de jarabe para infusión como té, consta de equipos necesarios, uno de ellos es el caldero que se instalará con una generación de 175 kg/h de vapor sobrecalentado de 110 ° C y presión de 5 atm y será de hogar invertido, ya que ofrece un gran caudal y eficiencia del sistema pirotubular, que abastecerá de vapor a las marmitas y tanque destilador. Básicamente es un generador de vapor basado en el principio de inversión de llama con producción rápida. La capacidad máxima de producción de vapor llega a 3200 kg/h. Dentro de sus ventajas se puede mencionar que es un equipo seguro contra explosiones, las pérdidas por radiación son mínimas, su mantenimiento y manejo es simple, es económica y tiene larga vida útil.

El caldero diseñado, genera 175 kg/h de vapor, de los cuales aproximadamente 44 kg/h son proporcionados para los cuatro tanques para la producción de jarabe final, el costo del caldero es 2500\$ debido a que produce 354000 kcal, lo suficiente para el proceso de elaboración del nuevo producto.

En el tanque de pectina se requieren 2000 kcal, en el tanque de carboximetilcelulosa, se necesitan 5000 kcal. En el tanque de glucosa con azúcar se necesitan 307000 kcal y finalmente en el tanque de destilación se necesitan 15600 kcal, resultando un calor necesario técnicamente de 329600 kcal en todo el proceso.

Para obtener un destilado de aceite esencial de naranja con agua a 88 ° C, se necesita un condensador para que enfríe la mezcla, a una temperatura de 25 grados centígrados. El condensador diseñado tiene que retirar aproximadamente 4000 kcal del tanque de destilación, el mismo que trabaja con un calor de 15600 kcal para finalmente producir 28.5 L/h o 200 L/día de aceite esencial con agua, en un día de trabajo de 7 horas, los litros de

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

aceite esencial con agua pasan a ser mezclados con las soluciones preparadas de pectina cítrica, carboximetilcelulosa, ácido cítrico y glucosa con azúcar.

El condensador trabaja con la ayuda de un caudal de agua a 18 ° C con un flujo másico de agua de 550 kg/ h y el equipo en sí, consta de un área de 8 m² y su costo es de 10000 \$ analizado con valores de tablas en el libro de Towler (2008).

El volumen adecuado para cada marmita se realizó con los caudales másicos por hora para una producción de 143 L/h o 1000 L/día de jarabe para infusión como té.

Tabla 3. Volúmenes de tanques para la elaboración del producto final. Elaborado por Felipe

López.

SOLUCIONES	TANQUE (m ³)	TANQUE (L)
Pectina	0,05	50
CMC	0,05	50
Ácido cítrico	0,03	30
Glucosa	0,05	50
Aceite esencial	0,03	30
Destilador	0.446	446
Mezclado final	0.150	150
AGUA	0.200	200

Para la distribución de agua hacia las marmitas y el tanque destilador necesita un tanque de almacenamiento de agua con una capacidad de 200 L. La calidad del agua utilizada para cada proceso debe ser establecida por normativa NTE INEN 1108 (2014), en donde se define que, para la elaboración de productos para el consumo humano, el agua potable garantiza su aptitud ya que ha sido tratada física, química y microbiológicamente.

Se dimensionaron tres equipos para la extracción del aceite esencial de la cáscara de la naranja: tanque extractor, caldero pirotubular y el condensador. Además como consideración de diseño se estableció que, en el tanque extractor no existiera condensación

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

de vapor, por lo cual, la temperatura de entrada y salida de vapor están en estado estacionario.

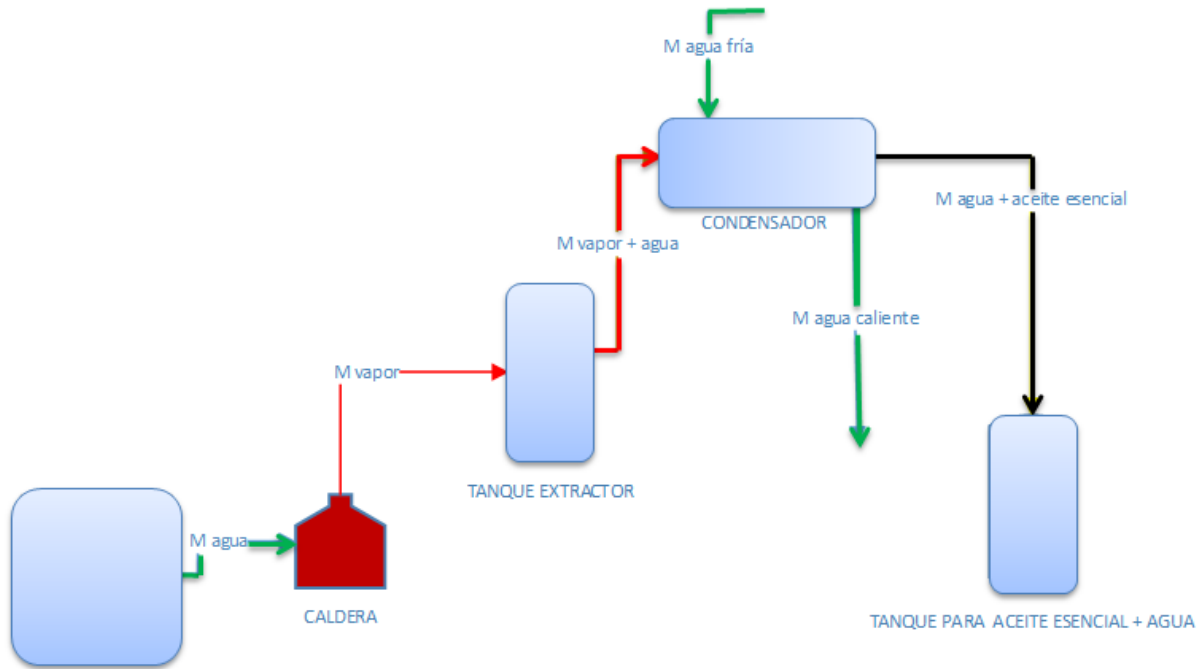


Gráfico 1. Equipos para la destilación de las cáscaras de la naranja. Elaborado por Felipe López.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Diagrama de flujo de la planta piloto para la elaboración de jarabe

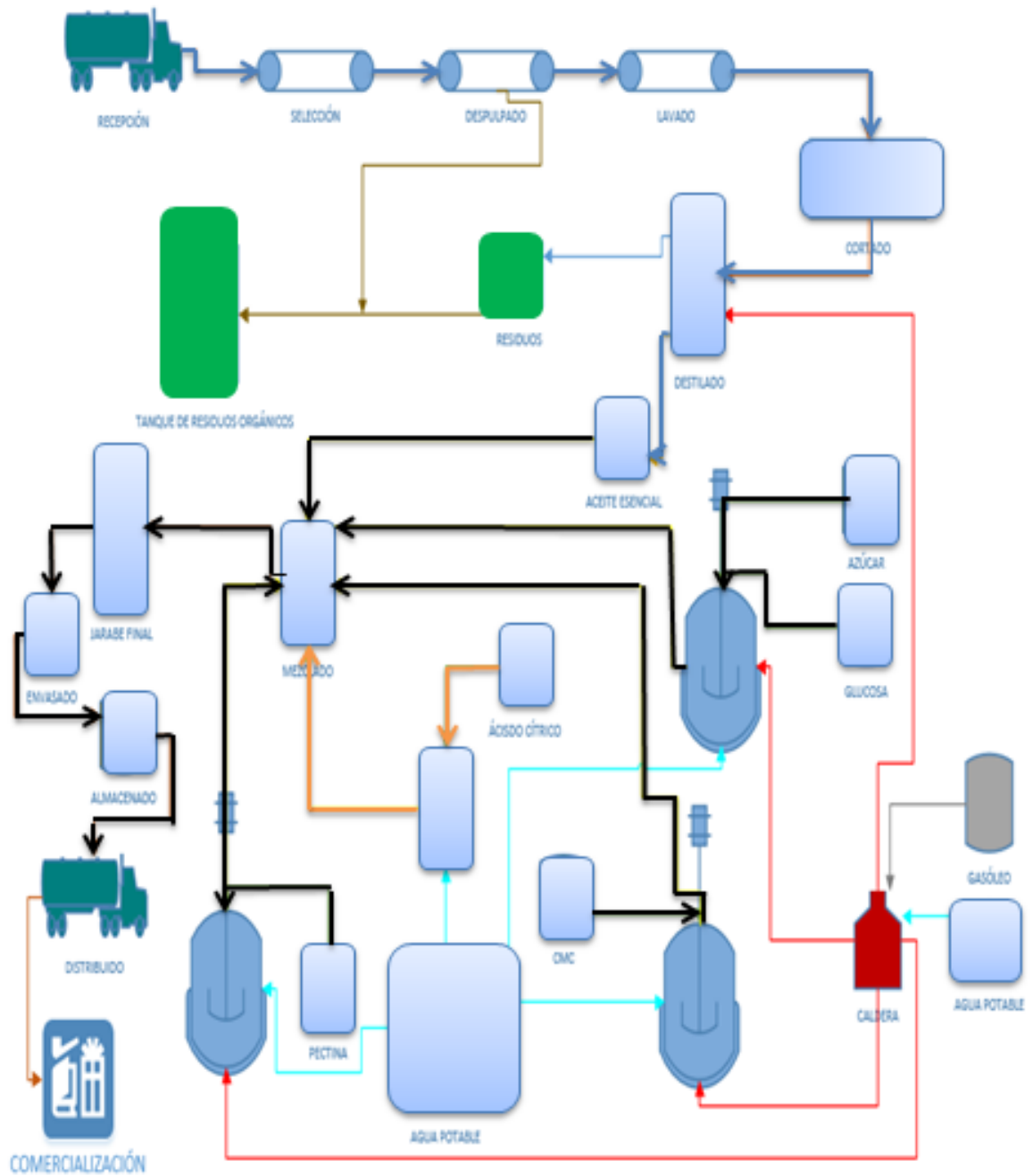


Gráfico 2: Diseño de planta piloto para la elaboración de jarabe para infusión de té.
Elaborado por Felipe López

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Para tener una visualización más general del proceso a elaborar se realizó un diagrama de flujo con los procesos descritos en cada figura:

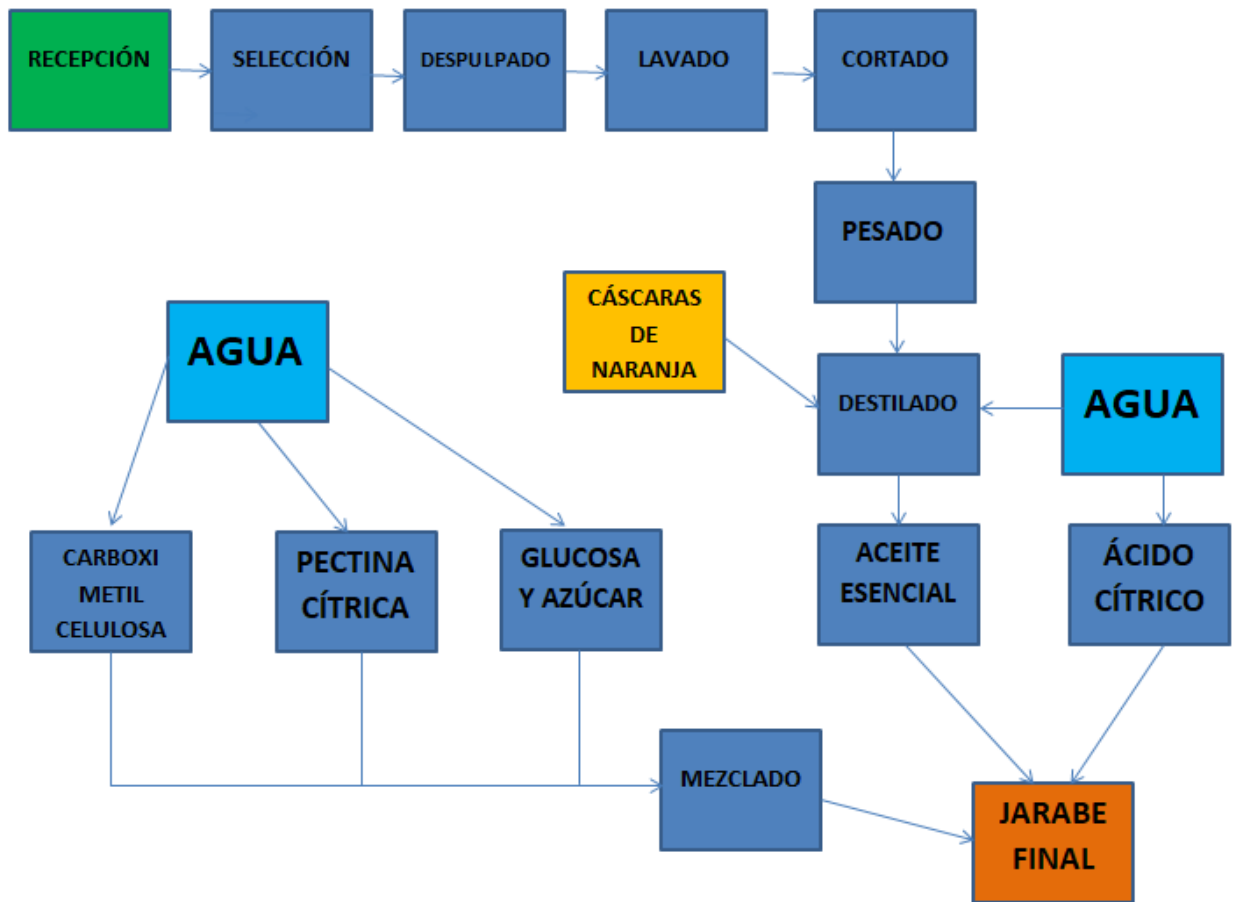


Gráfico 3. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de jarabe para infusión como té. Elaborado por Felipe López.

Materiales y métodos.

Se tomaron algunas calles de la ciudad de Quito para la recolección de materia prima, y los laboratorios de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK para la realización de las pruebas correspondientes.

La toma de muestras corresponde a la recolección de las cáscaras de naranja, que son los residuos del proceso de fabricación de jugo, realizado por los vendedores ambulantes de la ciudad de Quito. En esta investigación no fue necesaria una gran cantidad de materia prima por lo que fue suficiente con 26 kg de residuo durante toda la investigación.

Los materiales utilizados en el laboratorio fueron: Balón aforado, te de vidrio, termómetro, refrigerante, mangueras, plancha de calentamiento, vaso de precipitación, probeta, varilla de agitación, cucharilla, espátula, ollas. En las pruebas de laboratorio se utilizó el proceso de destilación simple, el mismo que permite llevar a cabo separaciones parciales de mezclas con elementos volátiles y es recomendable ya que es un proceso muy utilizado a nivel industrial (Guerra, 2008).

La elaboración del jarabe de naranja para infusión como té se realizó mediante la mezcla de la solución de carboximetilcelulosa y pectina cítrica con una solución de ácido cítrico y una solución de glucosa con azúcar para finalmente agregar la dosis adecuada de aceite esencial extraído y de cada solución.

Se elaboraron 130 encuestas sobre la calidad del producto terminado a los estudiantes de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, en las cuales se evalúan parámetros como olor, sabor, color, presentación y aceptación del producto en caso de que se llegara a vender.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

El diagrama de flujo de la planta piloto está presente en la página 16, se realizó utilizando figuras de Microsoft Word. Así como también se realizó el diseño de marmitas, del caldero y de la torre de destilación por medio de modelos matemáticos y ecuaciones de diseño.

Resultados.

La carga para el proceso de destilación fue de 250g/h de cáscaras de naranja sumergidas en 300 g/h de agua destilada, obteniendo así, aproximadamente 270 g/h de aceite esencial con agua, debido a que en la producción final de jarabe no se necesita extraer el agua que viene junto con la condensación del aceite esencial.

Para evaluar el producto final se realizaron encuestas donde se pedía calificar las propiedades organolépticas, la siguiente tabla muestra los resultados tabulados:

Tabla 4. Resultado de la retroalimentación a 130 personas acerca del producto final.
Elaborado por Felipe López

PREGUNTAS	RESULTADOS
OLOR (10)	36,15 %
COLOR (10)	20 %
SABOR (10)	26,20 %
AGRADÓ EL PRODUCTO	97 %
DESEA COLOR NARANJA	68 %
CONOCEN PRODUCTOS SIMILARES	22 %
CONSUMIRÍAN EL PRODUCTO	93%
RECOMENDARÍAN EL PRODUCTO	95 %
PRESENTACIÓN(SOBRE/ FRASCO)	56 %-44 %
INNOVACIÓN	85 %

El producto final se ofreció a 130 personas de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Internacional SEK, donde respondieron 10 preguntas acerca de las características organolépticas del producto final y se llegó a la conclusión que al 97 % de las personas encuestadas les agradó, y los gráficos de las tabulaciones en pasteles se encuentran en los gráficos en la parte de anexos.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Definir el consumidor final del producto terminado

A fin de definir el consumidor final se clasifica a la población a través de rango de edades sin hacer distinción de género los cuales son niños entre (6-12) años, jóvenes (13-29) años, adultos (30-49) años y Adultos Mayores (50-59) años, mayores a 60 años no se hace distinción de género, sin embargo, se toma en cuenta que el 53.2 % de este grupo poblacional que tiene preferencia para el consumo de té son mujeres, mientras que el 48.6 % son hombres. Al ser el producto, un jarabe de naranja que se va a consumir como té caliente, el grupo más adecuado para su consumo es el de adultos y adultos mayores entre 30-49 años por las estadísticas de consumo donde se muestra que es de 23.1 % y jóvenes entre 20-29 años con un consumo de 19.4 %, además se debe tomar en cuenta que en las nuevas tendencias alimenticias juveniles predominan lo natural y la protección al medio ambiente, por lo que a través de la reducción de la contaminación ambiental y el bajo uso de productos químicos para la preparación del producto también se podría dar un enfoque hacia la población joven. Por otro lado, dado el precio de venta al público menor a 3 dólares no se divide al target por nivel socioeconómico, sin embargo se toma en cuenta que el tipo de producto ofrecido no es parte de la canasta básica por lo que se espera que la población con un nivel socio económico medio-alto y alto consuma en mayor medida el producto sin que esto afecte a la venta del público en general (Ho, 2012).

El balance de masa para la elaboración de las soluciones para el mezclado final en una hora como base de cálculo es el que se muestra a continuación, tomando en cuenta que se van a producir 143 kg/h de jarabe de naranja para infusión como té:

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Tabla 5. Balance de masa de la producción de jarabe para infusión como té. Elaborado por Felipe López.

	ENTRA	AGUA	SALE SOLUCIÓN	SE MEZCLAN AL FINAL
	kg	Kg	Kg	kg
PECTINA	1,5	42,8	44,3	44,3
CMC	0,21	42,8	43	43
ÁCIDO CÍTRICO	7,1	22,8	30	5
GLUCOSA Y AZÚCAR	28,4	14,2	42,6	34

Rentabilidad de la planta piloto

Se puede afirmar que el proyecto es rentable, el resumen del análisis se muestra en la tabla 6, donde se indica que la inversión inicial es de \$ 264.495 con 10 años de depreciación, es decir, \$26.449,5; siendo el costo anual de funcionamiento de \$ 508.837,0,5, valor que toma en cuenta los gastos de materia prima (\$ 307.784,55), de mano de obra (\$ 171.600), y de energía (\$ 29.152,5). Si el producto es vendido en sachet, la ganancia anual es de \$ 1.532.879,7, vendiendo cajas de 12 sachets que contienen 40 gr cada uno a un precio de venta al público de \$ 2.26.

Al principio se tiene planificado vender el 80 % de la producción, debido a varios factores, como son, primero el hecho de que es un producto nuevo y segundo por la competencia existente dentro de país, por lo que se decide colocar un margen de error del 20 % lo que produce una ganancia anual de \$ 1.226.303,76., resultando finalmente una utilidad del proyecto aproximadamente de \$1.878.519,78.

El número de periodos analizados fue de 5 años, con tasa de descuento del 20 % utilizado generalmente para plantas piloto. En el anexo IV se encuentra detallado el costo de la planta con sus respectivos equipos, materia prima, mano de obra y energía. La instalación de la planta piloto necesita aproximadamente 216 m², los costos de un terreno con el área requerida tiene un costo de \$ 54.000 en la ciudad de Quito,

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

adicionalmente los costos de infraestructura donde estarán oficinas y los equipos de la planta en sí, tiene un costo de \$108.000. dentro del proyecto se debe considerar adicionalmente a la inversión anual de la planta, un 10 % dentro de los cuales se encuentran los costos de licencias ambientales, costos de patentes, costo del registro sanitario, trámites realizados en el Ministerio de Salud, costos de evaluaciones de impacto ambiental y los impuestos de funcionamiento industrial.

Tabla 6. Análisis económico con una inversión inicial de \$ 264.495. Elaborado por Felipe López.

Años	0	1	2	3	4	5
Inversión(\$/año)	-264495					
Interés(\$/año)		-1901	-1505	-1067	-583	-47
Materia prima(\$/año)		-307785	-307785	-307785	-307785	-307785
Mano de obra(\$/año)		-171600	-171600	-171600	-171600	-171600
Energía(\$/año)		-29153	-29153	-29153	-29153	-29153
Ingreso(\$/año)		1226303,7	1226303,7	1226303,7	1226303,7	1226303,7
Flujo de caja(\$/año)	-264495	715866	716262	716700	717184	717720
Flujo de caja descontado(\$/año)	-264495	596555	497404	414757	345864	288435
V.A.N(\$/año)	1878519,7					

Tabla 7. Cálculo del P.V.P tomando en cuenta 10 años de depreciación de equipos. Elaborado por Felipe López

CÁLCULO PVP	
Energía (\$/año)	\$ 29.152,50
Costo Materia Prima (\$/año)	\$ 307.784,55
Costo Mano de Obra (\$/año)	\$ 171.600,00
Costo Equipos (\$/año)	\$ 26.449,50
Costo Total (\$/año)	\$ 534.986,55
Costo Unitario	\$ 0,78
Porcentaje Ganancia (U)	190%
P.V.P	\$ 2,26

Discusión.

Hay que tener en cuenta que, con la destilación simple empleada experimentalmente, se obtiene un porcentaje alto de monoterpenos, los cuales son causa principal de la degradación del aceite, es por eso que Luna (2007) realiza una desterpenación del aceite esencial extraído para la remoción de terpenos para poder mantener los compuestos oxigenados, los cuales conllevan a un producto final mucho más estable y más soluble en agua, mediante dicho proceso, el aceite esencial puede tener más valor comercial ya que su pureza aumenta, pero el costo de producción del nuevo proceso se incrementará porque el aceite debe pasar por varias etapas dentro de la desterpenación.

El proyecto es optimista si se habla de cuidar al medio ambiente porque según el último censo realizado por la Policía Metropolitana de Quito, existen 600 vendedores ambulantes que diariamente desechan 15 toneladas de cáscaras, las cuales fácilmente podrían ser eliminadas totalmente al momento de ingresar a su tratamiento dentro de la planta, ayudando así, al medio ambiente dejando de producir malos olores en los alrededores del vertedero de basura de la ciudad.

Conclusiones.

Al fin de un día de trabajo con turnos de 7 horas se elimina aproximadamente 300 kg de residuo de naranja, es decir, se recolectarían 10 bultos de 30 kg, con la recepción del bulto generado al final de un día de trabajo de 10 señores vendedores de jugo de naranja en las calles. La recepción de materia prima puede ser mayor si se desea producir más cantidad de aceite esencial para la fabricación del jarabe de naranja para infusión como té.

El jarabe final producido contiene varias características favorables para la salud del consumidor porque las vitaminas, proteínas, fibras y minerales presentes en las cáscaras de la naranja son extraídas en el proceso de destilación, donde posteriormente serán mezclados con estabilizantes para brindarle al producto un sabor único.

Al ser una inversión de \$ 264.495 que involucra el costo de los equipos, el terreno, la infraestructura y un adicional del 10 % dentro de los cuales se encuentran los costos de licencias ambientales, costos de patentes, costo del registro sanitario, trámites realizados en el Ministerio de Salud, costos de evaluaciones de impacto ambiental y los impuestos de funcionamiento industrial. El 80 % de ventas en el primer año podrá recuperar lo invertido, lo cual permite establecer una ganancia neta de \$ 1.226.303. El producto se ofrece en cajas de 12 sachetes a un precio de venta al público de 2.26 con un 190 % de ganancia.

El diseño de la planta piloto no es de gran complejidad y tampoco contiene equipos difíciles de conseguir, lo que conjuntamente con los resultados del estudio de mercado, corrobora la viabilidad del proyecto.

El consumidor final del producto se encuentra en un rango de edad de 20-29 (19.4 %) y en adultos de 30-39 (23.1 %).

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

El producto puede tener buena aceptación en el mercado debido a que no existe en Ecuador productos similares y aparte los jóvenes de 20 a 29 años y adultos de 29 a 39 años presentan nuevas tendencias alimenticias orientadas al consumo de alimentos naturales y enfoques ambientalistas, por lo cual, el jarabe con sabor a naranja para infusión como té ayuda en la reducción de residuos urbanos que provocan contaminación ambiental.

Recomendaciones

Se recomienda que el proceso de destilación sea de 1 hora a 88 ° C debido a que en un periodo de tiempo mayor, la materia prima cargada se pueda degradar por el calor emitido hacia el balón desde la plancha de calentamiento a nivel de laboratorio.

La materia prima recibida para el proceso de destilación debe cumplir con los estándares establecidos dentro de las buenas prácticas de manufactura para poder tener un producto limpio y eficiente.

Las soluciones de pectina cítrica, carboximetilcelulosa y glucosa con azúcar deben ser calentadas mediante la realización de un baño María porque pueden haber pérdidas en el proceso de mezclado si se las calienta implementando calor directo.

El proceso de mezclado debe realizarse de forma meticulosa para garantizar que el jarabe final no contenga grumos que quedan en el fondo del tanque donde se realiza la preparación de las soluciones.

Realizar los procesos utilizando cáscaras de otras frutas para determinar su rendimiento y poder diversificar el producto final.

Se recomienda conocer la normativa de elaboración de productos de consumo masivo para poder obtener el registro sanitario que permite su posterior comercialización.

Se recomienda analizar el tiempo de vida útil del producto final ya que por cuestiones de tiempo no se pudo concretar ese dato dentro del proyecto investigativo.

Anexos.

ANEXO A

Anexo I-A

Cálculos del volumen del tanque extractor según Mora (2014).

$$V_t = \frac{C_{mat}}{D_b}$$

$$V_t = 0.7 \text{ m}^3$$

Cálculo del diámetro y altura del tanque.

$$V_t = \pi r^2 h$$

$$V_t = 445,6 \text{ L}$$

Si h es 2D entonces el diámetro y altura del tanque son:

$$V_t = \frac{\pi * D^2 * 2D}{4}$$

$$D = 0.76 \text{ m}$$

$$H = 1.52 \text{ m}$$

Dónde:

C_{mat} : Masa de la materia prima a cargar diariamente

D_b : densidad aparente del material vegetal

V_t : volumen del tanque extractor

r : Radio del tanque extractor

d : Diámetro del tanque extractor

h : Altura del tanque extractor

Anexo II-A

Cálculo del caldero pirotubular

$$Q = mv * c_{pv} * (T_f - T_o)$$

$$2500 \text{ kcal} = mv * 0.5 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} * ^\circ \text{C}} * (T_f - 70)^\circ \text{C}$$

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

$$5000 \text{ kg} = mv * (Tf - 70)$$

$$mv = \frac{5000}{Tf - 70}$$

Tabla 8. Interpolación de Tf para diseño de caldero pirotubular. Elaborado por Felipe López.

Tf (° C)	kg
300	21,7391304
280	23,8095238
260	26,3157895
240	29,4117647
220	33,3333333
200	38,4615385
180	45,4545455
160	55,5555556
140	71,4285714
120	100
100	166,666667
80	500

La temperatura se encuentra en 98 ° C, por ende, el caldero proporciona 175 kg/h y se puede escoger un caldero pirotubular de hogar invertido, el cual produce el calor suficiente en kcal por hora para todos los tanques que necesitan ser calentados dentro del proceso para elaboración de jarabe.

Anexo III-A

Cálculo del condensador para enfriar la mezcla de vapor producida en el tanque extractor, la siguiente ecuación muestra el calor necesario que se debe retirar para poder obtener el aceite esencial de la naranja a una temperatura ambiente.

$$Q_e = m * \lambda + m * cp * (80 - 20)^\circ \text{C}$$

$$Q_e = 28.5 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 77.7 \frac{\text{kcal}}{\text{Kg} * \text{C}} + 28.5 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 0.95 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} * ^\circ \text{C}} * (80 - 20)^\circ \text{C}$$

$$Q_e = 3838.95 \text{ kcal}$$

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Se necesita retirar 3839 kcal/h aproximadamente de calor en el proceso de destilación. Para lograr el enfriamiento se debe conocer la masa de agua por hora a circular por el refrigerante, logrando que el producto final salga a 18 ° C.

$$Q_e = m_{\text{agua}} * 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} * ^\circ \text{C}} * (25 - 18)^\circ \text{C}$$

Ma = 548 kg

La cantidad de agua necesaria para condensar el vapor de agua con aceite esencial es de aproximadamente 550 kg/h.

Anexo IV-A

En las siguientes tablas se presenta el costo de operación de la planta, la materia prima ya sea receptada y comprada, la mano de obra con 12 operadores capacitados, y finalmente los equipos necesarios para poder producir el jarabe a gran escala con turnos de 7 h/día y 330 días/año. La conclusión más evidente es que la instalación de la planta piloto en la ciudad de Quito es rentable ya que el costo de inversión es bajo comparado a las ganancias anuales esperadas.

Tabla 9. Costos de materia prima para la planta piloto de elaboración de jarabe de naranja. Elaborado por Felipe López.

MATERIA PRIMA	\$/año
Cáscara de naranja	19.404
Agua de lavado	14.058
Agua de procesos	285.38
Agua de caldero	13.575,11
Pectina cítrica	97.020
Ácido cítrico	7.502,88
CMC	4.511,43
Sachet	2.500
Caja	624.90
Glucosa	129.360
Azúcar	32.986,80
Total	307.784,55

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Tabla 10. Costos de mano de obra para la planta piloto de elaboración de jarabe de naranja. Elaborado por Felipe López.

COSTOS MANO DE OBRA	
Días trabajo al año	330
Sueldo diario	\$ 20
Sueldo anual c/operador	\$ 6.187,5
Número de operadores	26
Sueldo anual total de operadores	\$ 171.600

Tabla 11. Costos de equipos para la planta piloto de elaboración de jarabe de naranja con 10% adicional. Elaborado por Felipe López.

EQUIPOS	\$/año
Camión	17.500
Balanza	550
Banda transportadora	4.300
Lavadora y aspersores	8.000
Marmitas	16.000
Caldera	2.500
Refrigerante	10.000
Tanque de almacenamiento	600
Despulpadora	3.000
Tanque destilador	600
Cortadora	10.000
Empacadora	2.700
Dosificadora	2.700
Terreno	54.000
Instalaciones	108.000
TOTAL	264.495

Tabla 12. Costos de operación para la planta piloto de elaboración de jarabe de naranja. Elaborado por Felipe López.

COSTO DE OPERACIÓN	\$/AÑO
Energía eléctrica y búnker	29.152,5

ANEXO B

A continuación se presentan los balances de masa detallados en cada uno de los procesos necesarios para la producción de jarabe. Se tomó como base de cálculo 1 hora para todos los procesos, sin excepción.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

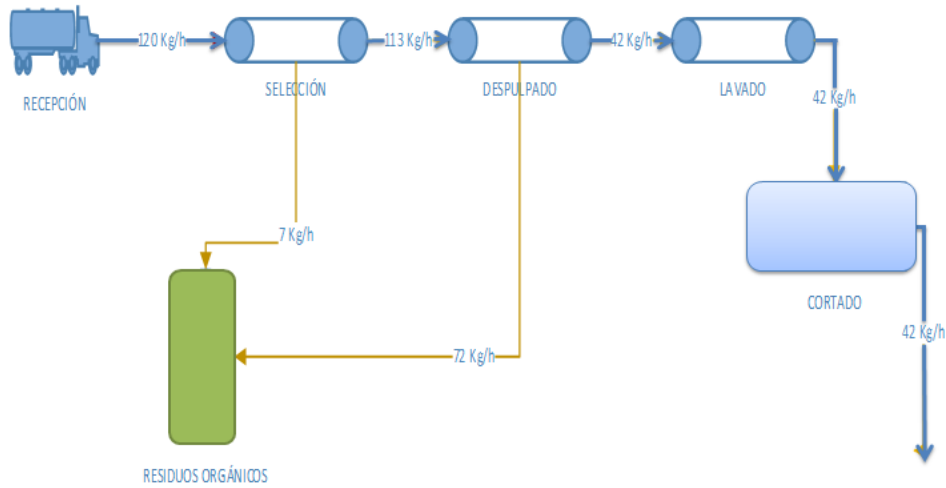


Gráfico 4. Balance de masa de recepción, selección, despulpado, lavado y cortado. Elaborado por Felipe López.

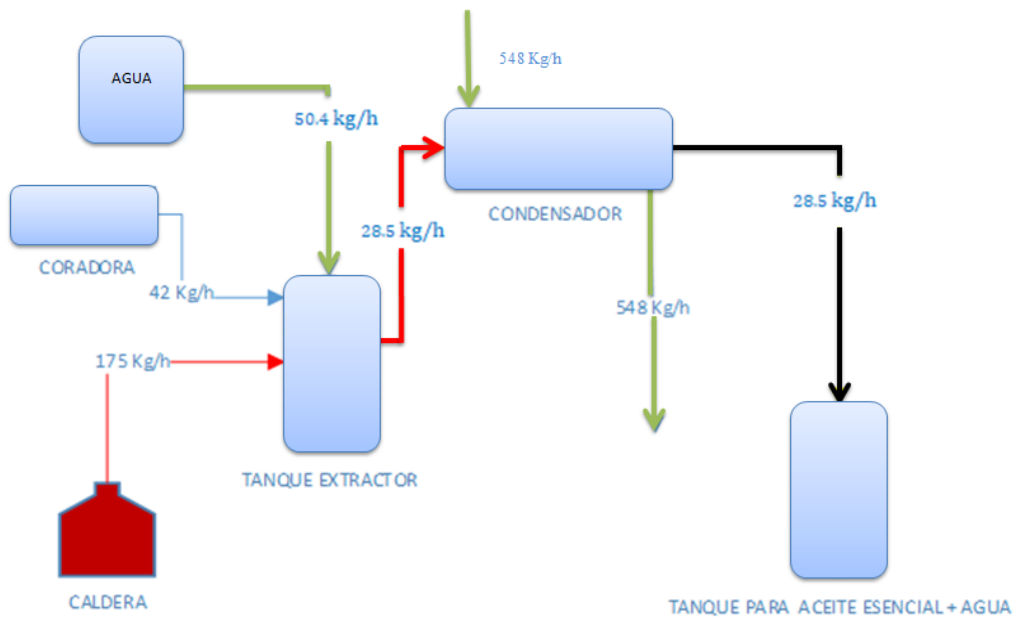


Gráfico 5. Balance de masa de destilación. Elaborado por Felipe López.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

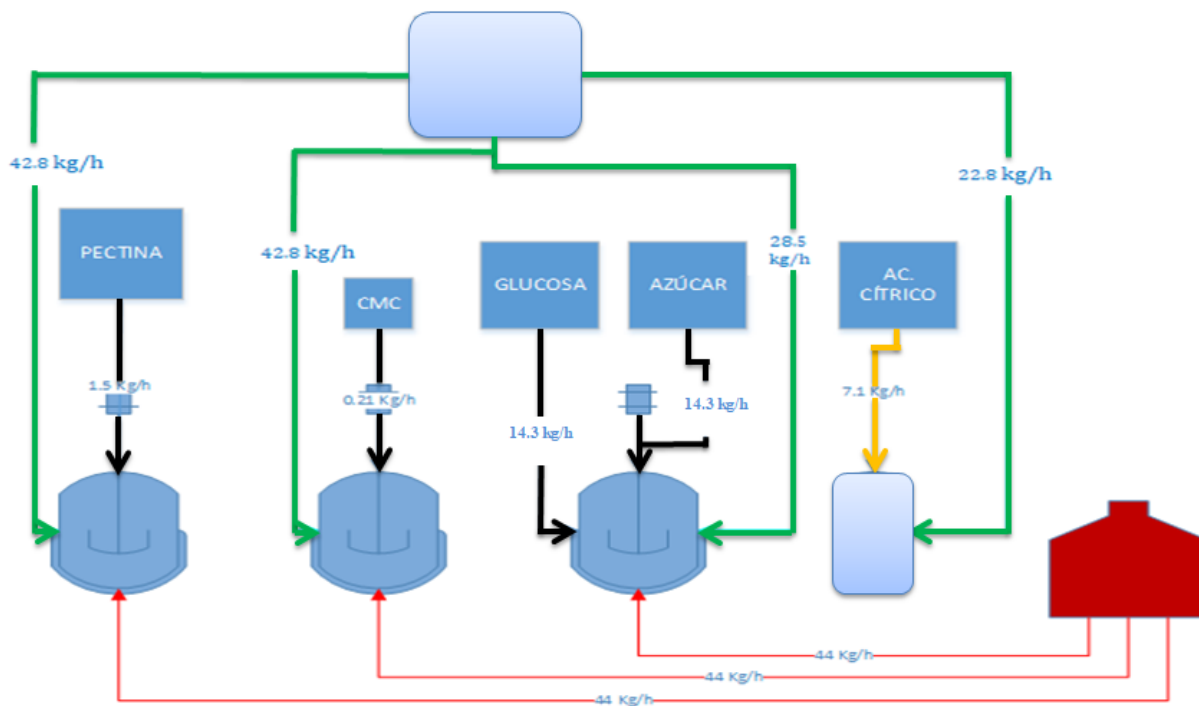




Gráfico 6. Balance de masa de las soluciones de Pectina, CMC, Ácido Cítrico y Glucosa con Azúcar. Elaborado por Felipe López.

ANEXO C

A continuación se muestran fotografías tomadas del proceso de elaboración de jarabe a nivel de laboratorio:

<p>Fotografía 1. Despulpado. Tomada por Felipe López.</p>	<p>Fotografía 2. Destilación Simple. Tomada por Felipe López.</p>
	

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Fotografía 3. Aceite Esencial de la cáscara de la naranja. Tomada por Felipe López.



Fotografía 4. Residuos después de la destilación simple. Tomada por Felipe López.



Fotografía 5. Solución de carboximetilcelulosa. Tomada por Felipe López.



Fotografía 6. Solución de Pectina cítrica. Tomada por Felipe López.



DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Fotografía 7. Solución de Glucosa con azúcar. Tomada por Felipe López.



Fotografía 8. Solución de Ácido cítrico. Tomada por Felipe López.



Fotografía 9. Jarabe final para infusión de té. Tomada por Felipe López.



DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

ANEXO D

Los resultados tabulados de las encuestas realizadas se muestran a continuación:

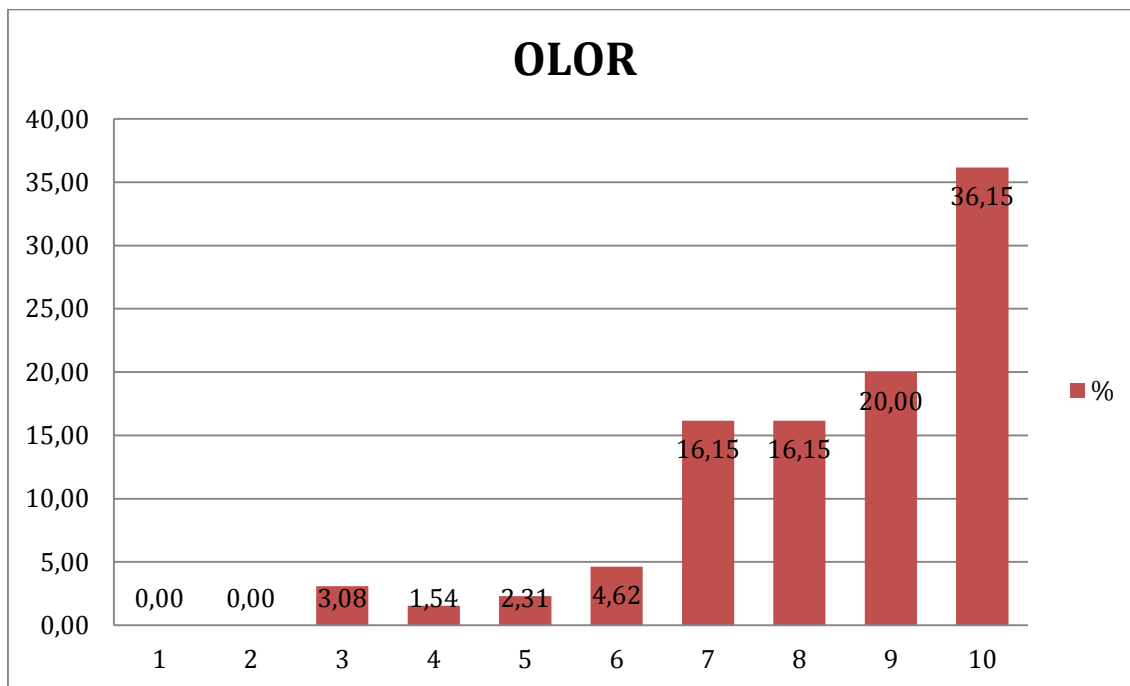


Gráfico 7. Porcentaje de calificación para el olor del producto final. Elaborado por Felipe López.

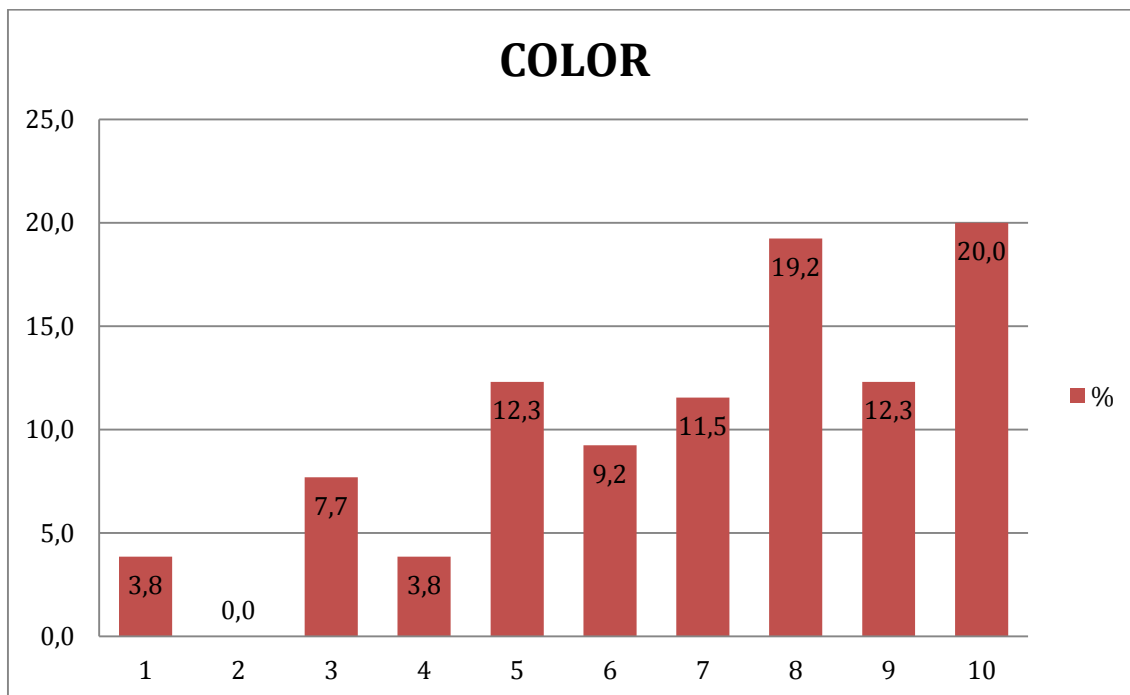


Gráfico 8. Porcentaje de calificación para el color del producto final. Elaborado por Felipe López.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

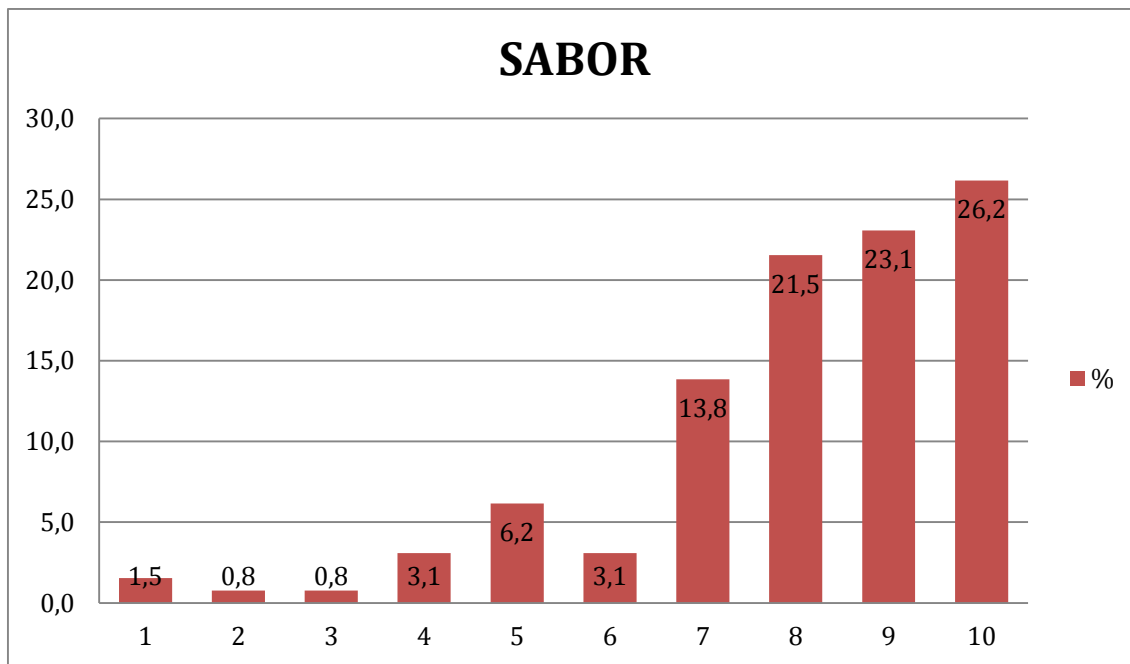


Gráfico 9. Porcentaje de calificación para el sabor del producto final. Elaborado por Felipe López.



Gráfico 10. Porcentaje de personas que les agradó el producto final. Elaborado por Felipe López.

DESEARÍAN QUE SE LE COLOQUE COLOR AL PRODUCTO

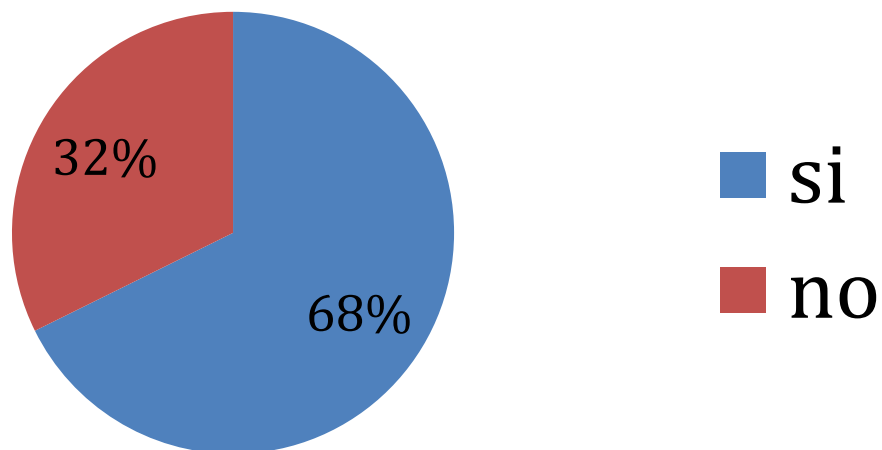


Gráfico 11. Porcentaje de personas que desearían que se le coloque color al producto final. Elaborado por Felipe López.

CONOCEN PRODUCTOS SIMILARES

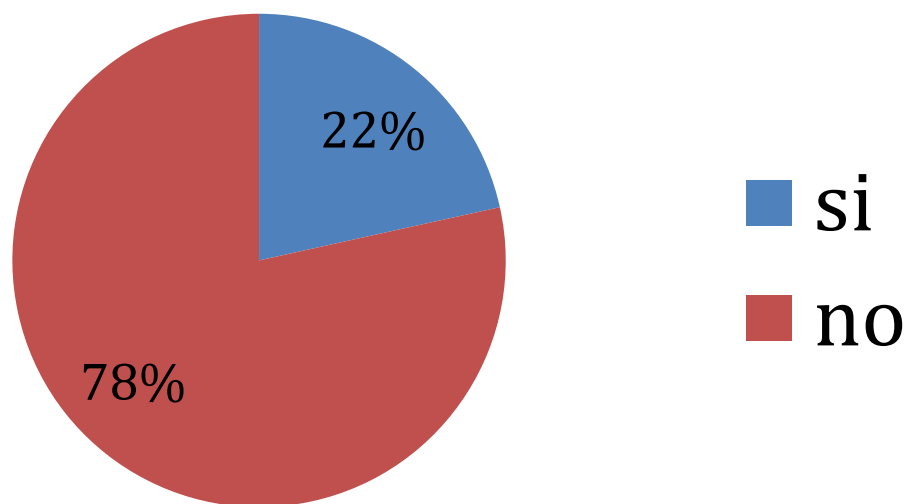


Gráfico 12. Porcentaje de personas que conocen productos similares. Elaborado por Felipe López.



Gráfico 13. Porcentaje de personas que consumirían el producto final. Elaborado por Felipe López.

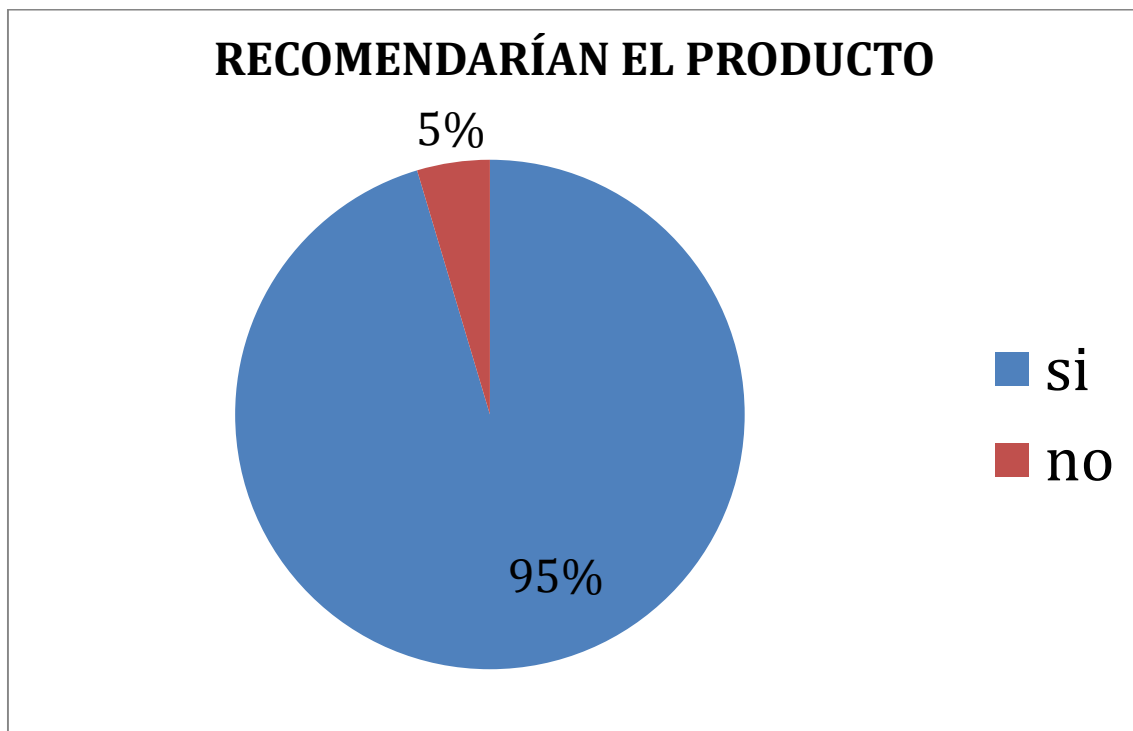


Gráfico 14. Porcentaje de personas que recomendarían el producto final. Elaborado por Felipe López.

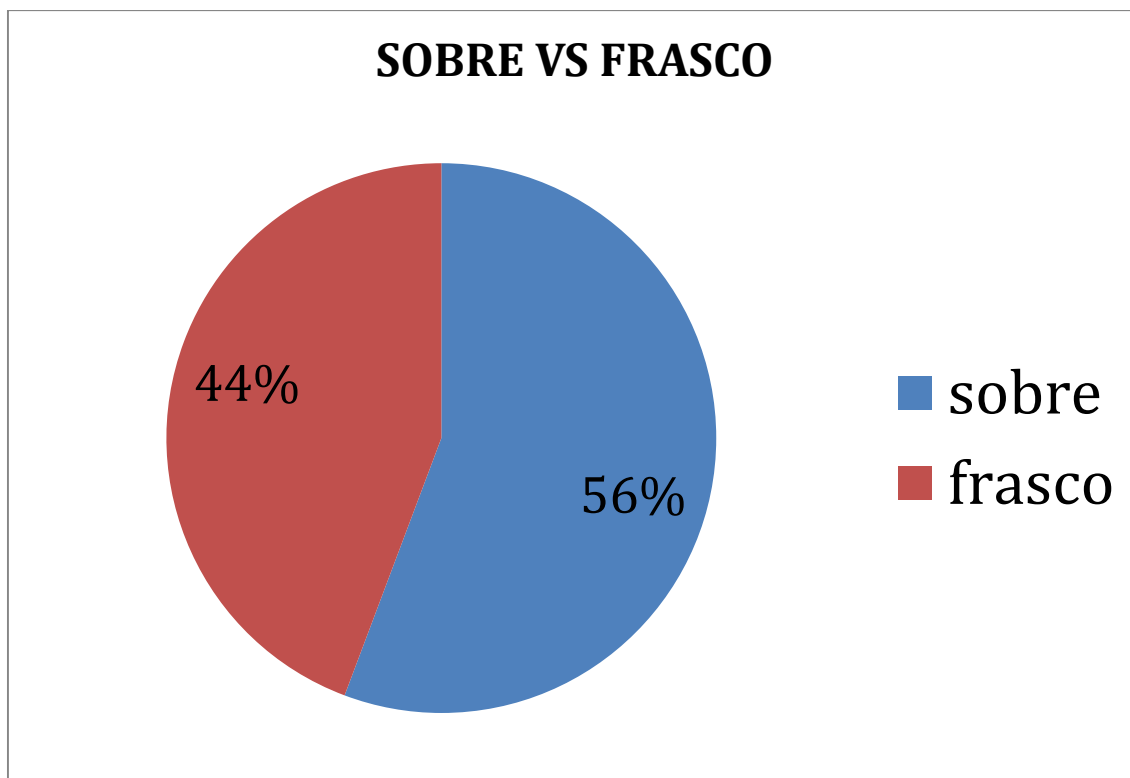


Gráfico 15. Porcentaje de personas que desean la presentación del producto en sobre y frasco dosificador. Elaborado por Felipe López.

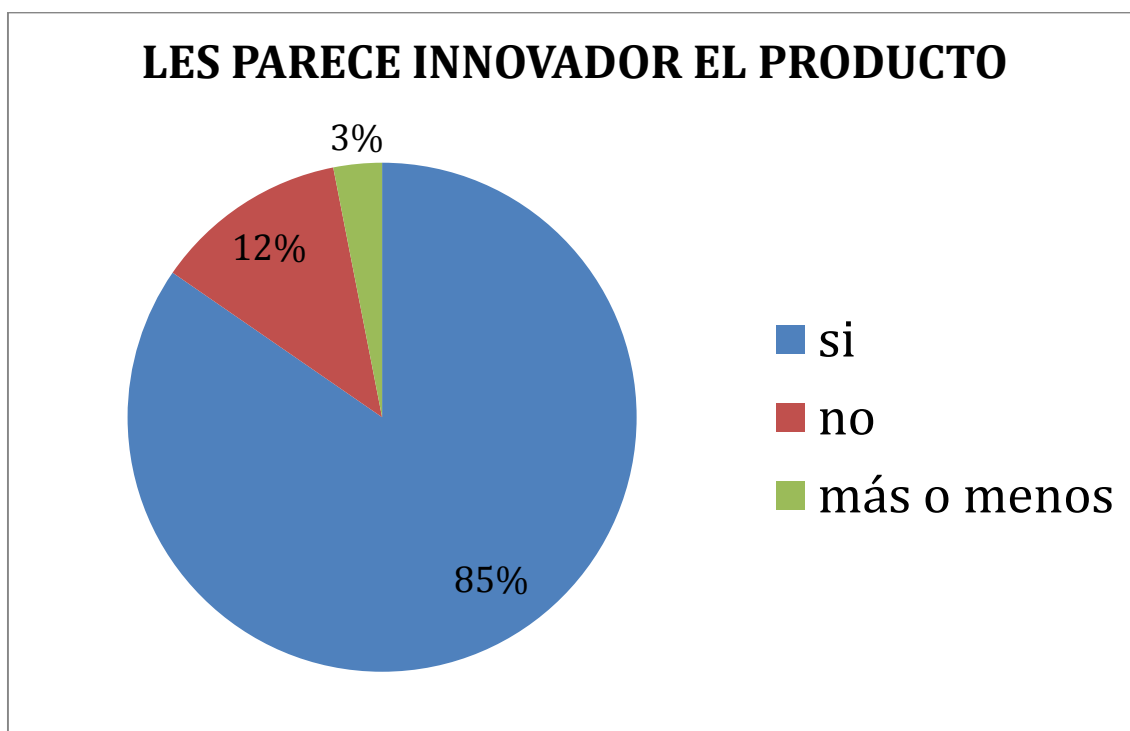


Gráfico 16. Porcentaje de personas que les parece innovador el producto final. Elaborado por Felipe López.

Referencias

Albarracín Montoya, G. C., & Gallo Palma, S. G. (2003). *Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial utilizando Piper Aduncum (Cordoncillo) procedente de la zona cafetera* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales).

Álvarez Troya, E. (2012). “MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS Y SU RELACIÓN CON LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEL SECTOR VISTA HERMOSA DE LA COOPERATIVA JAIME ROLDÓS”. TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN: MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE. CARRERA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN. Quito-Ecuador.

Cerón-Salazar, I., & Cardona-Alzate, C. (2011). Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja. *Ingeniería y ciencia*, 7(13), 65-86.

Ecuatoriana, N. T. (2000). NTE INEN 440. *Colores e identificación de Tuberías*.

Guerra Millán, F. J. (2008). Destilación simple. Laboratorio de PRocesos de Separación. México D.F.

Ho, C. T., Lin, J. K., & Shahidi, F. (Eds.). (2008). *Tea and tea products: chemistry and health-promoting properties*. CRC press.

INEN, N. 2337: 2008 Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. *Requisitos*”, *Ira. Edición, INEN, Quito, Ecuador, 2*.

INEN, N. 1108: 2006 Agua potable. *Requisitos*”, *Ira. Edición, INEN, Quito, Ecuador, 2*.

Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia.

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, & World Health Organization. (2003). *Codex Alimentarius: Food hygiene, basic texts*. Food & Agriculture Org..

Luna Berbesí, H. A. (2007). Obtención, caracterización y estudio de la desterpenación del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis*). Universidad industrial de Santander. Escuela de ingeniería química. Bucaramanga.

Mora Moscoso, G. A. (2014). *Diseño de una planta para la extracción del aceite esencial de palo santo (bursera graveolens) mediante destilación por arrastre de vapor* (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2014).

Navarro, M. (2012). Potencial de los aceites esenciales de toronjil (*Melissa officinalis*), orégano (*Origanum vulgare* L) y bleo (*Presekia bleo*) para ser utilizados como saborizantes en aceites comestibles de mesa. *Universidad de Cartagena*, 22-23.

Ortuño, M. (2006). Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes. *Ediciones Aiyane*, 276.

Sharma K, Mahato N, Cho MH, Lee YR, Converting citrus wastes into value added products: Economical and environment-friendly approaches, *Nutrition* (2016), doi: 10.1016/j.nut.2016.09.006.

Sinnott, R. K., & Towler, G. (2009). *Chemical engineering design: SI Edition*. Elsevier.

Yanez Rueda y L. Lugo Mancilla. “Estudio del aceite esencial de la cáscara de naranja dulce”. *Revista de la facultad de ciencias básicas* Año 2007. Volumen 5. Pag. 4-5.

Zuk, M., & Siller, S. (1998). At a glance. *Nature*, 392(6671), 36.

Tablas y Leyendas

Contenido

Tabla 1. Criterios de aceptación y rechazo de materia prima (cáscaras de naranja). Elaborado por Felipe López.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2. Densidades de soluciones para la elaboración de jarabe a 20 ° C. Elaborado por Felipe López.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3. Volúmenes de tanques para la elaboración del producto final. Elaborado por Felipe López.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4. Resultado de la retroalimentación a 130 personas acerca del producto final. Elaborado por Felipe López.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Balance de masa de la producción de jarabe para infusión como té. Elaborado por Felipe López.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Análisis económico con una inversión inicial de \$ 264.495. Elaborado por Felipe López.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Cálculo del P.V.P tomando en cuenta 10 años de depreciación de equipos. Elaborado por Felipe López.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Interpolación de Tf para diseño de caldero pirotubular. Elaborado por Felipe López.....	28
Tabla 9. Costos de materia prima para la planta piloto de elaboración de jarabe de naranja. Elaborado por Felipe López.....	29
Tabla 10. Costos de mano de obra para la planta piloto de elaboración de jarabe de naranja. Elaborado por Felipe López.....	30
Tabla 11. Costos de equipos para la planta piloto de elaboración de jarabe de naranja con 10% adicional. Elaborado por Felipe López.....	30
Tabla 12. Costos de operación para la planta piloto de elaboración de jarabe de naranja. Elaborado por Felipe López.....	30
.....	31
Gráfico 1. Equipos para la destilación de las cáscaras de la naranja. Elaborado por Felipe López.....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 2: Diseño de planta piloto para la elaboración de jarabe para infusión de té. Elaborado por Felipe López.....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 3. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de jarabe para infusión como té. Elaborado por Felipe López.....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 4. Balance de masa de recepción, selección, despulpado, lavado y cortado. Elaborado por Felipe López.....	31
Gráfico 5. Balance de masa de destilación. Elaborado por Felipe López.....	31

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JARABE USANDO
ACEITE ESENCIAL DE LA NARANJA.

<u>Gráfico 6. Balance de masa de las soluciones de Pectina, CMC, Ácido Cítrico y Glucosa con Azúcar. Elaborado por Felipe López.</u>	32
<u>Fotografía 1. Despulpado. Tomada por Felipe López.</u>	32
<u>Fotografía 2. Destilación Simple. Tomada por Felipe López.</u>	32
<u>Fotografía 3. Aceite Esencial de la cáscara de la naranja. Tomada por Felipe López.</u>	33
<u>Fotografía 4. Residuos después de la destilación simple. Tomada por Felipe López.</u>	33
<u>Fotografía 5. Solución de carboximetilcelulosa. Tomada por Felipe López.</u>	33
<u>Fotografía 6. Solución de Pectina cítrica. Tomada por Felipe López.</u>	33
<u>Fotografía 7. Solución de Glucosa con azúcar. Tomada por Felipe López.</u>	34
<u>Fotografía 8. Solución de Ácido cítrico. Tomada por Felipe López.</u>	34
<u>Fotografía 9. Jarabe final para infusión de té. Tomada por Felipe López.</u>	34