



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN
DE MERMELADA A PARTIR DEL MUCÍLAGO DEL CACAO,
PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN SHUSHUFINDI”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: SILVIA MARINA MARZANO MONCAYO

TUTORA: ING. MABEL MARIELA PARADA RIVERA

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Silvia Marina Marzano Moncayo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: Tipo proyecto técnico: DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE MERMELADA A PARTIR DEL MUCÍLAGO DEL CACAO, PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTON SHUSHUFINDI, de responsabilidad de la señorita Silvia Marina Marzano Moncayo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Mabel Mariela Parada Rivera

DIRECTORA DE TRABAJO

DE TITULACIÓN

2018/11/09

Ing. Marcela Yolanda Brito Mancero

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

2018/11/09

Yo, Silvia Marina Marzano Moncayo soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Silvia Marina Marzano Moncayo

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios por darme la vida y brindarme oportunidades para alcanzar mis metas más anheladas.

A mi madre Mariana, por ser más que una madre para mí, por tu amor, por tu paciencia, tu dedicación y esfuerzo constante para que yo pudiera lograr cada una de mis metas.

A mi padre Nolberto, mi padre ejemplar, el que toda hija desea, tú sigues aún vivo muy dentro de mi corazón, y sé que allá en el cielo te sientes muy orgulloso por saber que alcance una meta más en mi vida.

Silvia

AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme el don de la vida y la vida de mis padres y guiar mi camino dándome fuerza y otorgándome una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplos de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo.

A mis padres Nolberto y Mariana por ser los principales motores de mis sueños por todo su amor, esfuerzo, sacrificios y ayuda incondicional para conseguir mi título.

A mis queridos hermanos Angel, Oscar y Herwin por siempre estar ahí cuando más los he necesitados. A mi querida sobrina Adele que ha llegado a mi vida a llenarme de ternura y amor.

A mi Directora Ing. Mabel Parada por la contribución, colaboración y predisposición para que se dé la realización de este trabajo de Titulación. También a mi Colaboradora Ing. Marcela Brito por la contribución.

A quienes conforman el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Shushufindi, correspondiente a la Dirección de Talento Humano y Bienestar Institucional, por la apertura de realizar el trabajo de titulación en especial a la Ing. Sabrina Velásquez por su confianza depositada en mí elemento.

Finalmente, gracias a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería Química, por brindarle la oportunidad de obtener mi título profesional y a todos mis docentes que infundieron en mí su conocimiento.

Silvia

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICES DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
CAPITULO 1	
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.2. 1.1 Justificación del proyecto.....	1
1.3. 1.2 Línea base del proyecto.....	2
1.3.1. <i>Antecedentes de la investigación</i>	2
1.3.2. Marco conceptual.....	3
1.3.2.1. <i>Mucílago o pulpa de cacao</i>	3
1.3.2.2. <i>Mermelada</i>	5
1.4. 1.3 Beneficiarios directos e indirectos.....	6
1.4.1. Beneficiarios Directos.....	6
1.4.2. Beneficiarios Indirectos.....	7
CAPITULO II	
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	8
2.1. 1.4 General.....	8
2.2. 1.5 Específicos.....	8
CAPITULO III	
3. ESTUDIO TÉCNICO.....	9
3.1. Localización del Proyecto.....	9
3.2. 1.6 Ingeniería del Proyecto.....	10
3.2.1. <i>Tipo de estudio</i>	10
3.2.2. <i>Metodología</i>	10
3.2.2.1. <i>Métodos</i>	10
3.2.2.2. <i>Técnicas</i>	11
3.2.4. <i>Procedimiento a nivel de laboratorio</i>	16
3.2.4.1. Selección de materia prima.....	16

3.2.4.2.	<i>Caracterización de la materia prima</i>	16
3.2.4.3.	<i>Descripción del proceso a nivel de laboratorio</i>	17
3.2.4.4.	<i>Formulación de la mermelada a base de mucílago de cacao</i>	21
3.2.4.4.1.	<i>Análisis de Discriminación para la formulación</i>	21
3.2.4.5.	<i>Variables del proceso</i>	31
3.2.4.6.	<i>Operaciones Unitarias del Proceso</i>	32
3.2.5.	<i>Balace de masa y energía</i>	33
3.2.5.1.	<i>Balances de masa</i>	35
3.2.5.2.	<i>Balace de energía</i>	40
3.2.6.	<i>Dimensionamiento de equipos</i>	44
3.2.6.1.	<i>Mesa de Selección, Lavado, Cortado y Desvenado</i>	44
3.2.6.2.	<i>Despulpadora</i>	45
3.2.6.3.	<i>Evaporador</i>	52
3.2.6.4.	<i>Diseño de la caldera para el sistema de evaporado</i>	58
3.2.7.	<i>Resultados</i>	70
3.2.7.1.	<i>Resultados de la validación del producto</i>	70
3.2.7.2.	<i>Propuesta de diseño de equipos</i>	72
3.2.8.	<i>Proceso de producción</i>	74
3.2.8.1.	<i>Materia prima e insumos</i>	74
3.2.8.2.	<i>Diagrama del proceso</i>	74
3.2.8.3.	<i>Distribución y diseño de la planta</i>	76
3.2.8.4.	<i>Capacidad de Producción</i>	77
3.3.	<i>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria</i>	78
3.3.1.	<i>Requerimientos de Equipos</i>	78
3.3.2.	<i>Requerimientos para el funcionamiento de la planta</i>	79
3.4.	<i>Análisis de Costo/beneficio del proyecto</i>	79
3.4.1.	<i>Presupuesto</i>	79
3.4.2.	<i>Análisis costo-beneficio</i>	82
3.5.	<i>Cronograma de ejecución del proyecto</i>	83
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	84
	CONCLUSIONES	86
	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

INDICE DE FIGURAS

Figuras 1-1.	Mermelada.....	5
Figuras 1-3.	Localización geográfica del cantón de Shushufindi provincia de Sucumbíos.....	9
Figuras 2-3.	Placa Tubular de la cámara trasera del hogar.....	69
Figuras 3-3.	Diagrama de proceso.....	75
Figuras 4-3.	Capacidad de producción de planta.....	77

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1-1.	Mazorca de cacao y Mucilago de cacao.....	4
Fotografía 1-3.	Recolección de las muestras de cacao.....	16
Fotografía 2-3.	Recepción de la materia prima.....	18
Fotografía 3-3.	Lavado de la mazorca de cacao.....	18
Fotografía 4-3.	Cortado de la mazorca del cacao.....	18
Fotografía 5-3.	Extracción del mucílago de cacao.....	19
Fotografía 6-3.	Pesado del mucílago.....	19
Fotografía 7-3.	Mezclado y Evaporado del mucílago de cacao.....	19
Fotografía 8-3.	Envasado de la mermelada obtenida a partir del mucilago de cacao.....	20
Fotografía 9-3.	Prueba de vida acelerada de la mermelada.....	20
Fotografía 10-3.	Diferentes tipos de formulación de mermelada.....	21
Fotografía 11-3.	Pruebas asertivas para determinar la mejor formulación de mermelada.....	23

INDICE DE GRÁFICOS

Gráficos 1-3.	Análisis de frecuencias de los resultados obtenidos a las pruebas de asertividad de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	24
Gráficos 2-3.	Análisis de frecuencias a la prueba sabor de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	25
Gráficos 3-3.	Análisis de frecuencias a la prueba consistencia de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	27
Gráficos 4-3.	Análisis de frecuencias a la prueba color de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	28
Gráficos 5-3.	Análisis de frecuencias a la prueba olor de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	30
Gráficos 6-3.	Gráfico de componentes de las características sensoriales de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	31

INDICE DE TABLAS

Tabla1-1.	Análisis proximal realizados al cacao nacional.....	4
Tabla 2-1.	Constituyentes de la pulpa de cacao.....	5
Tabla 1-3.	Coordenadas Geográficas del cantón Shushufindi.....	9
Tabla 3-3.	Determinación de °Brix.....	12
Tabla 4-3.	Determinación de pH.....	12
Tabla 5-3.	Determinación de proteínas.....	13
Tabla 6-3.	Determinación de humedad.....	14
Tabla 7-3.	Determinación de Acidez.....	14
Tabla 8-3.	Determinación de mohos y levaduras.....	15
Tabla 9-3.	Resultados Fisicoquímicos del mucílago de cacao.....	17
Tabla10-3.	Resultados Microbiológicos de la Materia Prima.....	17
Tabla 11-3.	Diferentes formulaciones empleadas para la obtención de mermelada a partir del mucilago de cacao.....	21
Tabla 12-3.	Selección de números aleatorios para las distintas formulaciones de mermelada elaborada a partir del mucilago del cacao.....	22
Tabla 13-3.	Análisis de frecuencias de los resultados obtenidos a las pruebas de asertividad de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	24
Tabla 14-3.	Prueba de Kruskall Wallis para la prueba sabor de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	25
Tabla 15-3.	Análisis de las frecuencias para la prueba sabor de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	25
Tabla 16-3.	Prueba de Kruskall Wallis para la prueba consistencia de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	26
Tabla 17-3.	Análisis de las frecuencias para la prueba consistencia de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	26
Tabla 18-3.	Prueba de Kruskall Wallis para la prueba color de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	28
Tabla 19-3.	Análisis de las frecuencias para la prueba color de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	28
Tabla 20-3.	Prueba de Kruskall Wallis para la prueba olor de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	29
Tabla 21-3.	Análisis de las frecuencias para la prueba olor de acuerdo a los distintos tipos de formulación.....	29

Tabla 22-3.	Operaciones del proceso y variables óptimas de obtención de mermelada de mucílago de cacao.....	32
Tabla 23-3.	Datos para cálculos tomados de las pruebas experimentales.....	33
Tabla 24-3.	Datos experimentales de los ensayos.....	36
Tabla 25-3.	Formulación y cantidades de materia prima.....	37
Tabla 26-3.	Datos experimentales: Longitud y diámetro de mazorca de cacao.....	45
Tabla 27-3.	Valores estándar de longitudes y radios despulpadora.....	48
Tabla 28-3.	Terminología de mallas metálicas según DIN/ISO 9044.....	48
Tabla 29-3.	Datos experimentales de simulación: diámetro y peso de almendra.....	50
Tabla 30-3.	Características de motor WEG de 3515 rpm.....	52
Tabla 31-3.	Propiedades del agua saturada,.....	58
Tabla 32-3.	Composición de Aire.....	60
Tabla 33-3.	Valores de entalpías de los productos y reactantes de la combustión.....	64
Tabla 34-3.	Valores de entalpías de los productos y reactantes de la combustión.....	66
Tabla 35-3.	Dimensiones de cámara de combustión según ángulo de rocío.....	67
Tabla 36-3.	Dimensiones de cámara de combustión considerando un ángulo de rocío de 60°.....	68
Tabla 37-3.	Dimensionamiento de Cámara Hogar.....	68
Tabla 38-3.	Resultados Fisicoquímicos de mermelada de mucílago de cacao.....	71
Tabla 39-3.	Resultados Microbiológicos de mermelada de mucílago de cacao.....	71
Tabla 40-3.	Resultados dimensionamiento mesa de selección, lavado, cortado y desvenado.....	72
Tabla 41-3.	Resultados dimensionamiento despulpadora de mucílago de cacao.....	72
Tabla 42-3.	Resultados dimensionamiento evaporador.....	73
Tabla 43-3.	Resultados diseño caldera.....	73
Tabla 44-3.	Materia prima para producción.....	74
Tabla 45-3.	Insumos para producción.....	74
Tabla 46-3.	Requerimientos para proceso de elaboración de mermelada de mucílago de cacao.....	78
Tabla 47-3.	Requerimientos para la obtención del producto.....	79
Tabla 48-3.	Costos para la implementación del proceso de mermelada de mucílago de cacao....	79
Tabla 49-3.	Costos de materia prima e insumos.....	80
Tabla 50-3.	Costos de mano de obra.....	80
Tabla 51-3.	Costos de requerimientos energéticos.....	81
Tabla 52-3.	Costos totales de implementación del proceso.....	81

INDICE DE ANEXOS

- Anexo A** Modelo de encuesta para las pruebas asertivas del producto obtenido
- Anexo B** Diagrama utilizado para el cálculo del número de potencia
- Anexo C** Coeficiente de fricción de accesorios
- Anexo D** Análisis físico químicos y microbiológicos de la materia prima
- Anexo E** Mermelada de mucílago de cacao (producto final)
- Anexo F** Etiqueta del producto final
- Anexo G** Presentación para la venta del producto final
- Anexo H** Mesa de lavado, pelado y desvenado
- Anexo I** Paleta de Agitación
- Anexo J** Tanque del evaporador
- Anexo K** Evaporador con Serpentín
- Anexo L** Tanque despulpadora
- Anexo M** Tamiz
- Anexo N** Rotor de despulpadora
- Anexo O** Tolva
- Anexo P** Despulpadora
- Anexo Q** Caldera
- Anexo R** Diseño de la distribución de la planta

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo el diseñar un proceso industrial para la obtención de mermelada a partir del mucílago del cacao, para el GAD Municipal del Cantón Shushufindi, con lo cual se aprovechó los residuos generados por la producción de cacao en el cantón, para la realización de este trabajo de titulación se empezó con la obtención de la formulación de la mermelada a base de mucílago de cacao a escala de laboratorio, en la que se varió de manera leve la composición de la formulación base. La elección de la formulación se realizó en base a métodos estadísticos (Kruskall Wallis), evaluando de manera conjunta los parámetros establecidos en las formulaciones desarrolladas, como el olor, color, sabor y consistencia, luego de la obtención de la formulación se realizó la simulación a escala de laboratorio para la obtención de los datos y variables. Las operaciones que incluyen la obtención de la mermelada de mucílago de cacao son: Selección de materia prima, lavado, cortado y desvenado, despulpado y evaporado, además del envasado y almacenado. Los resultados obtenidos dentro de la caracterización físico-química, el más importante es el de los sólidos solubles (°Brix) mismos que determina la norma NTE 2825, deben ser mayores a 60 %, lo cual concuerda al obtener un valor de 65%, los resultados del análisis microbiológico de Aerobios totales, Mohos y Levaduras cumplieron también con la norma técnica, luego de realizar una cotización en el mercado de los equipos a utilizarse, la infraestructura, los recursos de mano de obra, costos de materia prima e insumos utilizados para el primer mes de operación, el costo de inversión inicial asciende a los \$182 262,03. La recuperación de este valor de inversión se dará en un plazo no mayor a los dos años, siempre y cuando la producción de cada lote de mermelada sea de 200 kg.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA >, <OPERACIONES UNITARIAS >, <CACAO>, <NORMA INEN NTE 2825 >, <MUCÍLAGO >, <ANÁLISIS DE COSTOS >.

SUMMARY

The current research was aimed at designing an industrial process to obtain cocoa mucilage jam, for the Municipal GAD of the Shushufindi Canton, with which the waste generated for the production of cocoa in the Canton was used to achieve this titling work. Production of cocoa-based mucilage jam was initiated on a laboratory scale, in which the composition of the base formulation varied slightly. The choice of formulation was made based on statistical methods (Kruskall Wallis), jointly evaluating the parameters established in the formulas developed, such as odour, colour, flavour and consistency, after obtaining the formulation, the simulation was carried out at the scale of the laboratory to obtain data and variables. The operations that includes the obtaining of cocoa mucilage jam are selection of raw material, washing, cutting and deveining, depulped and evaporated, as well as packing and storage. The obtained results into the physico-chemical characteristics, the most important is of the soluble solids ($^{\circ}$ Brix), as well as the standard NTE 2825, which must be higher to 60% which agrees to obtain a value of 65%, the results of the microbiological analysis of the total aerobes, moulds and yeasts also accomplished with the technical standard, after making a price in the market of the equipment to be used, the infrastructure, labour resources, costs of raw material and supplies used for the first month of operation, the initial investment cost rises to \$ 182 262, 03. The recovery of this investment value will be given in a no longer period than two years, as long as the production of each lot of jam is of 200 kg.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <UNIT OPERATIONS>, <COCOA>, <INN NORTH 2825>, <MUCILAGO>, <COST ANALYSIS>.

CAPITULO 1

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

La producción de cacao es una de las actividades más importante a nivel nacional con respecto a otros productos que se dan en nuestro país, siendo la semilla la principal fuente de aprovechamiento para la elaboración de diferentes productos, sin embargo la parte externa de la semilla de color blanco llamada mucílago, es desechada a causa de la falta de interés o conocimiento del poder nutricional e innovador de esta parte del fruto.

El mucílago o pulpa de cacao se trata de una sustancia viscosa de color blanco, generalmente transparente que contienen el exterior de las semillas de cacao. La mazorca contiene aproximadamente entre 30 a 50 semillas o almendras. El número, tamaño y forma de la semilla es una característica que varía de mazorca en mazorca, son cuerpos de forma de elipse de 2 a 4 cm de largo, misma que está rodeada por el mucílago que generalmente se presenta con un sabor azucarado (ESTRELLA, 2013).

Según estudios realizados en la producción de cacao a nivel nacional, aproximadamente se desechan unos 70 litros de mucílago por cada tonelada de cacao obtenido en la producción de este fruto. En el Ecuador no se ha implementado un proyecto para el aprovechamiento del residuo de este tipo, utilizando como materia prima el mucílago, para obtener otros productos derivados de gran valor nutricional, por el contrario, este mucílago genera contaminación visual y olfativa al momento de secar la semilla para la producción de otros productos como el chocolate (VALLEJOS CHRISTIAN et al, 2016).

1.2 Justificación del proyecto

El proyecto está destinado para ser implementado por el GAD Municipal del Cantón Shushufindi que se encuentra ubicado en la Provincia de Sucumbíos. La producción de cacao tiene una importancia muy relevante en el Cantón ya que posee un suelo apto para el cultivo de plantaciones tropicales, siendo el cacao un producto tradicional de la región.

El valor comercial de la pepa de cacao se ve afectado por factores externos que no pueden ser controlados por los productores del sector, por lo cual se desea implementar una transformación industrial de esta plantación que generará nuevos ingresos económicos, y además se logrará aprovechar residuos como el mucílago del cacao que al momento no tienen ningún valor comercial, con esto la eficiencia del producto será elevada y se producirá un alto índice de ingresos para los beneficiarios.

La implementación de este proyecto permitirá que se utilice como materia prima el residuo que se genera en la producción de la semilla de cacao, para aprovecharlo en la elaboración de un producto novedoso y con esto lograr una alternativa comercial que beneficiará no solo a los productores de cacao, sino también a la población del Cantón de Shushufindi logrando también dinamizar la economía nacional, generando nuevas plazas de empleos y obteniendo productos alimenticios con mejores características nutricionales, mismas que posee el mucílago de cacao.

1.3 Línea base del proyecto

1.3.1 Antecedentes de la investigación

El cantón Shushufindi ubicado en la provincia de Sucumbíos, cuenta con un clima adecuado para la producción de uno de sus principales fuentes de ingreso económico como es el caso del cacao con una capacidad de producción de 6,6 qq/ha/año. Gran parte de la población del Cantón se dedica a la siembra y comercialización del mismo, gracias al clima que brinda una temperatura óptima, llegando a tener un producto de excelente calidad.

Sin embargo, el mucílago obtenido de la producción de cacao no ha sido hasta hace muy poco considerado como un subproducto, sino más bien como un residuo, generándose una pérdida de aprovechamiento de recursos con los que cuenta este fruto. Los principales problemas que se presentan al momento de preparar la semilla del cacao para su comercialización han generado una contaminación fundamentalmente olfativa por el olor generado de la putrefacción del mucílago que recubre la almendra de cacao, por el proceso de secado al que se somete la misma. Actualmente se han investigado diferentes formas en las que se puede aprovechar ciertos desperdicios del cacao como la cáscara o en este caso el mucílago, el cual se utiliza para la elaboración de una mermelada en la que se aprovecha la gran cantidad de proteína que posee.

Uno de los productos que se pueden obtener además de la mermelada de mucílago de cacao es la jalea de la misma materia prima, considerando que aunque este proyecto se base en el diseño de un proceso industrial para la elaboración de mermelada, han existido más investigaciones

que permiten estudiar la factibilidad de utilizar el mucílago en otros productos elaborados como la jalea y los métodos más eficientes en la extracción de la pulpa de cacao para usarlo como materia prima en estos procesos (Christian Amable Vallejo Torres).

1.3.2. Marco conceptual

1.3.2.1. Cacao

Originalmente el cacao es proveniente de América tropical, más precisamente su origen probablemente esté situado al noreste de Sudamérica. Este fruto llamado científicamente como “*Theobroma cacao*” pertenece a la familia de las esterculiáceas, misma que produce flores y los frutos en el tallo de la misma planta. De acuerdo con la investigación y varios historiadores los olmecas, incluso antes de los mayas y los aztecas, fueron los primeros en sembrar cacao en las zonas tropicales del Golfo de México. (Quiroz, 2006, pp. 30-31)

Este árbol nativo del noreste del continente se produce fundamentalmente en climas sub tropicales que posean una humedad muy alta. La mazorca posee una longitud aproximada de 15 a 20 cm de largo, con una cascara de superficie rugosa o lisa, con pesos variantes que van desde 0,4 hasta 4 kg y cuyo interior está compuesto por 30-40 semillas redondas o alargadas cubiertas de una pulpa o mucílago de sabor dulce que se origina del tegumento de la misma semilla (Suquilanda, 2006, pp. 200-210).

En el Ecuador las áreas donde mayormente se dio el sembrío de este fruto fueron en los cantones de Vinces, Babahoyo, Palenque, Baba, Pueblo Viejo, Catamara y Ventanas de la provincia de los Ríos; además también se produce de manera importante en Naranjal, Balao y Tenguel en la Provincia del Guayas y por último en Machala y Santa Rosa en la Provincia de El Oro. En los primeros cultivos se produjo cacao Nacional el cual pertenecía al tipo Forastero amelonado (Quiroz, 2006, pp. 30-31)

Composición Química del Cacao Procesado

La composición química del cacao ya procesado es tomada en cuenta en esta investigación ya que es el principal subproducto del sembrío y cosecha de este fruto, dándole las características aromáticas y de sabor que lo hace famoso a nivel mundial, según su análisis proximal alrededor de la mitad de la semilla de cacao es grasa, el resto lo componen las proteínas, fibras e hidratos de carbono. La grasa que posee el cacao es grasa saturada en un 60% aproximadamente. La cantidad de azúcar por el contrario es muy baja, por lo que en estado menos procesado el

chocolate es amargo, pues los taninos, polifenoles responsables de ese sabor áspero y amargo, componen a la semilla en un 4 – 8% (Restrepo, 2010, pp. 15-18).

Tabla 1-1: Análisis proximal realizados al cacao nacional

CARACTERÍSTICA	CACAO EN PEPA	CACAO PROCESADO
Calorías, cal/gr.	369.3	397.7
Contenido de Humedad, %.	3.7	1.7
Contenido de Proteínas, %	27.0	8.0
Extracto Etéreo, %	11.7	4.5
Contenido de Fibra, %	11.2	2.3
Contenido de Cenizas, %	7.4	2.2
Contenido de Sacarosa, %	0.0	70.3

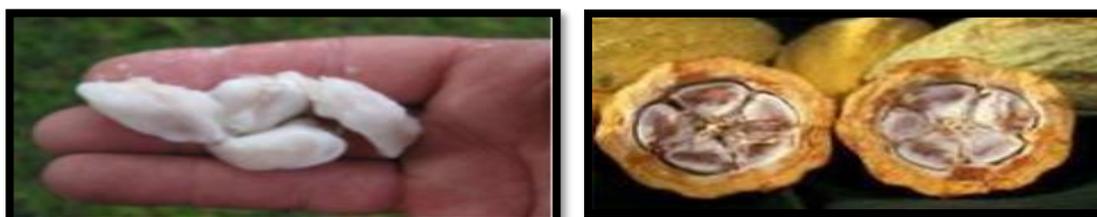
Fuente: (Restrepo, 2010).

1.3.2.1. Mucílago o pulpa de cacao

Como se mencionó anteriormente la mazorca del cacao contiene en su interior alrededor de 30 a 50 almendras y el número, tamaño y forma de la misma varía de acuerdo a la especie.

La pulpa mucilaginososa de la semilla del cacao se encuentra rodeando la misma y está compuesta básicamente por células esponjosas parenquimatosas, que están compuestas por varias células de tipo savia que poseen entre el 10 y el 13% de azúcares, además de contar en su composición con un aproximado de 3% de pentosas, 2% de ácido cítrico y un 10% de sales.

A pesar de que la pulpa del cacao es necesaria en cierta cantidad para fermentar la semilla, generalmente existe más de la necesaria, siendo desaprovechada o tomada como residuo de la producción de cacao. La pulpa al poseer de un sabor dulce tropical y ácido se ha considerado una materia prima con un potencial muy alto en la elaboración de productos como la jalea, alcohol y vinagre, nata y pulpa procesada para dar sabores a productos normalmente comercializados como yogurts y helados. Según las investigaciones la cantidad aproximada de mucílago de cacao a obtenerse de 800 Kg de semillas de buena calidad es de 40 litros (Franklin, 2008, pp. 40-41).



Fotografía 1-1: Mazorca de cacao y Mucilago de cacao

Fuente: (Franklin, 2008, pp. 40-41).

Tabla 2-1: Constituyentes de la pulpa de cacao.

COMPONENTES	PORCENTAJE EN BASE HÚMEDA
Agua	79,20 – 84,20
Proteína cruda	0,09 – 0,11
Azúcares	12,50 – 15,90
Glucosa	11,60 – 15,32
Sacarosa	0,11 – 0,90
Pectinas	0,90 – 1,19
Ácido cítrico	0,77 – 1,52
Cenizas	0,40 – 0,50

Fuente: (Braudeau 2001, pp. 10-11).

1.3.2.2. Mermelada

La mermelada es un producto que cuenta con una consistencia gelatinosa, misma que se obtiene por la concentración de diferentes variedades de frutas adecuadas para la función a las que se somete, adicional a esto se incorpora en su proceso de cocción azúcar, agua y pectina para lograr la consistencia adecuada, además la adición de la fruta puede ser en trozos pequeños o partículas que deben estar dispersas de forma uniforme alrededor de la mermelada. (Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, 2015, p. 1)



Figura 1-1: Mermelada

Fuente: (Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, 2015).

1.3.2.4. Proceso de elaboración de mermelada

El proceso para obtener mermelada de frutas es básicamente el mismo para todos los casos, sin embargo se debe tomar en cuenta de manera importante la clase de fruta que se utiliza para obtenerla, pues existen variaciones en la composición de la misma que pueden alterar el producto, si durante el proceso no es considerada, como por ejemplo la cantidad de agua

presente en la fruta. El proceso básico para la obtención de mermeladas se describe brevemente a continuación:

- **Lavado:** Toda clase de fruta que sea sometida al proceso de obtención de mermelada debe ser lavada de manera cuidadosa para evitar que el producto presente impurezas.
- **Cortado:** El cortado es una operación que se encarga de alcanzar el tamaño adecuado para que las partículas estén distribuidas en todo el producto de manera uniforme y ayudar simultáneamente a la cocción homogénea de la misma.
- **Evaporado:** Luego de haber realizado el cortado se debe realizar la operación de evaporado o concentrado para que el agua excedente en la mezcla de fruta y demás insumos como la pectina, conservante y ácido cítrico, sea adecuado para tomar la consistencia gelatinosa que es lo necesario en este tipo de productos, mismo que se comprueba al momento de alcanzar los °Brix necesarios.

La cantidad de insumos que se adicionan en esta operación dependen de la composición de ° Brix, humedad y acidez que tenga la misma, pues no es igual la formulación para una mermelada de naranja o de mucílago de cacao, que es la que interesa en este proyecto.

- **Envasado:** El envasado de la mermelada obtenida se debe realizar de manera preferente en envases de vidrio antes ya esterilizados para garantizar la seguridad de la calidad del mismo.
- **Almacenamiento:** El almacenamiento se debe realizar a una temperatura ambiental, acompañado de frescura y ambiente seco. (Grazie Mile, 2013)

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1. Beneficiarios Directos

El presente trabajo de investigación beneficiara directamente al GAD Municipal del cantón Shushufindi, ya que si se aplica las técnicas que se propondrán en este trabajo podrá aprovechar al máximo las materias primas e insumos generados en el proceso de producción de cacao y con esto mejorara sus ganancias y evitara la mitigación de los residuos generados en la producción de granos de cacao.

1.4.2. Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos con la aplicación de este proyecto serán:

- Los pobladores del Cantón de Shushufindi con la implantación del presente proyecto, ya que se necesitará de mano de obra que pueda realizar el transporte de los residuos, la adición de químicos y el control de los procesos productivos, con lo cual no se necesitara mano de obra calificada para esto y podrán ser contratados personal sin experiencia, generando así posibilidad de trabajo para las personas pobres de la zona rural y sus alrededores.

- Los trabajadores de los sectores aledaños a las fincas de producción, ya que con la aplicación de las técnicas propuestas se evitará que estén expuestos a residuos que puedan dañarse afectando a su salud y que además generen problemas en el ambiente laboral.

- Los consumidores de mermeladas en la zona oriental del país, ya que, si se logra la venta de la producción de mermeladas obtenidos a partir de residuos, podrán adquirir un alimento que beneficie a la salud y que sea de bajo costo, ayudando además a la economía en el hogar ya que se aliviarán los gastos generados por la adquisición de mermeladas comerciales.

CAPITULO II

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 General

Diseñar un proceso industrial para la obtención de mermelada a partir del mucílago del cacao, para el GAD Municipal del Cantón Shushufindi.

2.2 Específicos

- Realizar la caracterización Físico-químico, microbiológica y sensorial de la materia prima en base a la norma NTE INEN 176:2006, CACAO EN GRANO. REQUISITOS.
- Determinar la mejor formulación para la elaboración de la mermelada a partir del mucílago del cacao.
- Identificar las variables del proceso, las operaciones y los parámetros óptimos para la elaboración de mermelada a partir del mucílago del cacao.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento de los equipos que intervienen en el proceso.
- Validar el proceso diseñado mediante la determinación de la calidad de la mermelada, mediante la norma NTE INEN 2825.

CAPITULO III

3 ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del Proyecto

El presente proyecto se implementará en un predio perteneciente del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Shushufindi. El cantón Shushufindi se sitúa entre la altitud media de 200 a 320 msnm, en la tabla 1-3 se describe las coordenadas del cantón y en la ilustración 1-3 se ilustra la georreferenciación del cantón. El clima que rodeada este lugar es templado, presenta temperatura media anual es 24.8 °C.

Tabla 1-3: Coordenadas Geográficas del cantón Shushufindi.

Longitud	-76.65
Latitud	-0.183333
Rango altitudinal	168 – 4.171 msnm

Fuente: (GAD Municipal Del Cantón Shushufindi, 2018).

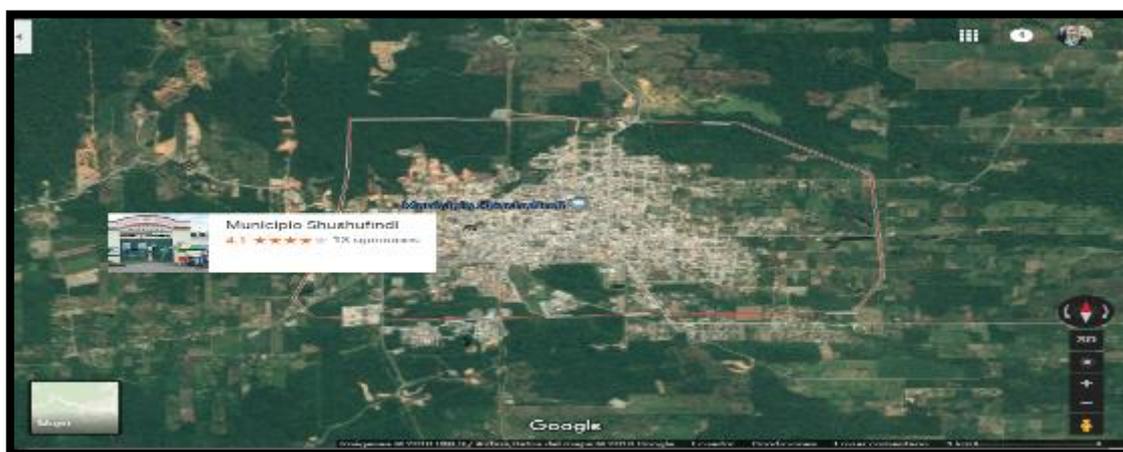


Figura 1-3: Localización geográfica del cantón de Shushufindi provincia de Sucumbíos.

Fuente: (GAD Municipal Del Cantón Shushufindi, 2018).

3.2 Ingeniería del Proyecto

3.2.1. Tipo de estudio

La investigación realizada para el desarrollo del este proyecto de tipo técnico se incluyó un estudio deductivo, inductivo y experimental; necesarios para obtener toda la información práctica en el proceso de obtención de una mermelada utilizando como materia prima el mucílago del cacao, para aplicar los métodos bibliográficamente investigados y corroborar el mejor método de obtención de mermelada a base de mucílago o pulpa de cacao, ya que las condiciones pueden ser muy diferentes a las investigaciones sobre este tema realizados en otras provincias.

3.2.2. Metodología

La metodología utilizada en la elaboración de este proyecto tipo proyecto técnico partió básicamente desde la revisión bibliográfica de los procesos de elaboración de mermelada de cualquier tipo de fruta para acoplarlo de manera óptima a la materia prima utilizada.

Posterior a esto se realizó una prueba experimental a escala de laboratorio en los laboratorios de Procesos Industriales y de Investigación de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, para la obtención de la mermelada de mucílago de cacao, determinando de esta manera las variables que influyen en el proceso y controlarlos cuando se realice a escala industrial.

El producto obtenido se sometió a una caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial en base a la norma NTE INEN 2825 para jaleas y mermeladas para la validación del proceso diseñado, garantizando que el producto obtenido en base al diseño del proceso es totalmente seguro para la comercialización y consumo humano.

Finalmente se debió realizar el diseño de los equipos que intervienen en el proceso de obtención de mermelada de mucílago, en base a la capacidad de producción requerida y las facilidades con las que cuenta el GAD Municipal de Shushufindi.

3.2.2.1. Métodos

- **Método deductivo:** En la presente investigación el método deductivo se planteó en el momento de las deducciones lógicas que se crearon a partir de conocimiento generalizado, teniendo como punto de partida la experiencia de los productores de cacao del cantón

Shushufindi, además se recogió premisas de valor como que el cacao es alto en contenido de mucílago y este producto tiene composición elevada de proteínas y de pectina con lo cual se puede aprovechar para la producción de mermelada.

- **Método inductivo:** Para que se complete la dualidad fue necesario utilizar el método inductivo, en donde se partió del alimento obtenido y se hizo una abstracción para determinar en qué grado este alimento serviría como aporte proteico para la producción de mermelada, además de que con este método se analizó si los métodos de obtención de mucílago influyen en la calidad, generando conclusiones de que los métodos varían las características del alimento.
- **Método experimental:** Como punto final de la investigación se utilizó el método experimental, en donde recogiendo las premisas del método deductivo e inductivo se obtuvo la mermelada a partir del mucílago aplicando los conocimientos derivados de los métodos anteriores.

3.2.2.2. Técnicas

- **Caracterización de la materia prima**

Como primer paso para el diseño del proceso de elaboración de mermelada a partir de mucílago de cacao, se realizó una caracterización fisicoquímica y microbiológica de la materia prima, misma basado en los procedimientos que reporta la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 176:2006 para el cacao en grano, mismo que incluye los parámetros físico-químicos como grados Brix, pH, acidez, humedad, proteínas y microbiológico como mohos y levaduras.

Estos parámetros se realizaron en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos de la UNIVERSIDA TECNICA DE AMBATO Con número de Certificado N° 18-094, en la que se utilizaron las siguientes técnicas:

➤ **Determinación de °Brix**

Tabla 1-3: Determinación de °Brix

Parámetro	°Brix
Fundamento	Los grados °Brix determinan la cantidad de sólidos totales presentes en la pulpa del cacao
Materiales y Reactivos	Refractómetro. Gotero.
Procedimiento	Calibrar el equipo. Colocar una gota de muestra en el lente de medición. Leer los datos obtenidos con el equipo.

Fuente: (Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, 2018).

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

➤ **Determinación de pH**

Tabla 2-3: Determinación de pH.

Parámetro	pH
Fundamento	Norma Nacional para medir el potencial de Hidrogeno pH.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Potenciómetro con electrodos de vidrio ➤ Vaso de precipitación de 500 ml ➤ Agitador ➤ Agua destilada
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Preparar la muestra si es líquida colocarla en el vaso de precipitación lo suficiente para introducir el electrodo por completo. ➤ Comprobar que el potenciómetro este correctamente calibrado ➤ Colocar en el vaso de precipitación cantidad necesaria para introducir el electrodo por completo en el mucílago. ➤ Determinar el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro en el vaso de precipitación con la muestra, teniendo cuidado de no tocar las paredes del recipiente. ➤ Leer y anotar el resultado.

Fuente: (Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, 2018).

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

➤ Determinación de proteína

Tabla 3-3: Determinación de proteínas

Parámetro	Proteína
Fundamento	Determinación de proteína contenida en un alimento, mediante la digestión del mismo.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Balanza analítica ➤ Digestor ➤ Scrubber ➤ Bureta ➤ Destilador Kjeldahl ➤ Varios ➤ Ácido bórico ➤ Rojo de metilo ➤ Verde de Bromocresol ➤ Azul de metileno ➤ HCl ➤ H₂SO₄ ➤ Catalizador Kjeldahl ➤ Agua destilada
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prepara la muestra triturándola, homogeneizarla y mezclarla. ➤ Pesar 2 g de muestra. ➤ Añadir 15 ml de H₂SO₄ y una tableta de catalizador. ➤ Realizar la digestión en los pasos necesarios. ➤ Realizar una dilución con la muestra obtenida de la digestión y añadirle agua. ➤ Calentar ligeramente y dejar enfriar. ➤ Llevar la muestra a una destilación con ácido bórico y el indicador. ➤ Realizar los cálculos correspondientes.

Fuente: (Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, 2018).

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

➤ Determinación de Humedad

Tabla 4-3: Determinación de humedad

Parámetro	Humedad
Fundamento	Este método consiste en la medición de la pérdida de peso de la muestra debida a la evaporación de agua, el proceso puede efectuarse en estufa con circulación forzada de aire, a presión atmosférica o a vacío
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estufa ➤ Balanza analítica ➤ Capsula ➤ Espátula ➤ Desecador
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar la capsula limpia y seca por dos horas a 103 0C durante dos horas ➤ Enfriar en el desecador hasta temperatura ambiente ➤ Pesar la capsula con la balanza analítica. ➤ Colocar la muestra entre 5 y 10 g en la capsula e introducirla a la estufa a 103 ± 2 0C o a 70 0C si se utiliza vacío se mantiene entre 3 y 6 horas. ➤ Sacar la capsula y dejar en el desecador hasta enfriar. ➤ Pesar y registrar ➤ El procedimiento de secado y pesado se van repitiendo hasta que dos pesadas consecutivas sean constantes, en ese momento se sabrá que toda el agua se ha extraído. ➤ Registrar el peso final. ➤ Realizar el cálculo.

Fuente: (Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, 2018).

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

➤ **Determinación de Acidez**

Tabla 5-3: Determinación de Acidez

Parámetro	Acidez
Fundamento	Determinación de la acidez titulable de una muestra de alimento, es decir el porcentaje de ácido cítrico presente en la misma.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Matraz Erlenmeyer ➤ Bureta ➤ Vaso de precipitación 500 ml ➤ Gotero ➤ Agua destilada ➤ Fenolftaleína ➤ Hidróxido de sodio 0,1 N
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diluir la muestra 1:1 del alimento con agua destilada. ➤ Preparar la solución de hidróxido de sodio. ➤ Añadir 4 gotas de indicador fenolftaleína. ➤ Titular hasta cambio de viraje a color rosa. ➤ Realizar el cálculo.

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, (2018).

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Para la caracterización microbiológica se aplicaron las siguientes técnicas:

➤ **Determinación de mohos y levaduras.**

Tabla 6-3: Determinación de mohos y levaduras

Parámetro	Mohos y levaduras
Fundamento	Este método consiste en la contabilización de colonias de mohos y levaduras en la muestra de mucílago de cacao.
Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estufa ➤ Incubadora ➤ Baño de agua ➤ Microscopio ➤ Refrigeradora ➤ Balanza ➤ Mechero ➤ Gradilla ➤ Agujas para cultivos ➤ Tubos de ensayo ➤ Probetas ➤ Pipetas bacteriológicas ➤ Caja Petri ➤ Erlenmeyer ➤ Pipetas pasteur
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Preparar la muestra. ➤ Inocular las placas. ➤ Incubar las placas a 25°C por 5 días. ➤ Leer las placas entre dos días y 5 días de incubación. ➤ Contar las colonias de levaduras y colonias de mohos. ➤ Reportar.

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, (2018).

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

➤ **Validación del producto (Mermelada de mucílago de cacao)**

Para la validación del producto se realizaron las pruebas basadas en la norma NTE INEN 2825 para confituras jaleas y mermeladas, mismas que incluyen solamente los sólidos solubles o °Brix. Sin embargo, se realizaron los mismos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la materia prima para garantizar que el producto está libre de microorganismos patógenos y los grados Brix están dentro de lo especificado por la norma.

3.2.4. Procedimiento a nivel de laboratorio

3.2.4.1. Selección de materia prima

La selección de la materia prima se realizó de manera aleatoria ya que la obtención de la misma, en la implementación de este proyecto será de los productores de cacao del Cantón de Shushufindi, por ende se recolecto de varias plantaciones del sector.

La parte fundamental en este primer paso es la valoración organoléptica y visual de la mazorca constatando que la misma sea de buena calidad y está en condiciones aceptables para ingresar en el proceso.



Fotografía 1-3: Recolección de las muestras de cacao.

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Para la toma de datos para los cálculos correspondientes se tomó una muestra de 10 mazorcas de las cuales se tomaron los datos de longitud y diámetro de la misma, dimensiones y números de las almendras, y cantidad de mucílago obtenido por cada una de ellas, datos que son reflejados más adelante en los balances de masa y diseño de equipos.

3.2.4.2. Caracterización de la materia prima

La caracterización fisicoquímica y microbiológica del mucílago de cacao como materia prima en la elaboración de mermelada se muestra en las siguientes tablas respectivamente:

Tabla 7-3: Resultados Fisicoquímicos del mucílago de cacao

Parámetro	Método	Unidad	Resultado
Proteínas	PE03-5.4-FQ AOAC 2001.11	%	0,371
Ph	AOAC 942.15/ INEN 389	Unidades de Ph	3.44
Acidez	AOAC 942.15 Ed 20, 2016	mg/100g de ácido cítrico	0.984
Sólidos solubles	AOAC 932.15 Ed 20, 2016/ INEN 380	°Brix	17,2
Humedad	AOAC 9290.151. Ed 20, 2016	%	80.5

Fuente: (Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, 2018).

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 8-3: Resultados Microbiológicos de la Materia Prima

Parámetro	Método	Unidad	Resultado
Mohos	AOAC 997.02. Ed- 20 2016	UFC/g	<10
Levaduras	AOAC 997.02. Ed- 20 2016	UFC/g	<10

Fuente: (Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, 2018).

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

En base a los resultados del análisis físico-químico y microbiológico se parte con la propuesta de diseño del proceso de obtención de la mermelada hecha con la pulpa de cacao (mucílago).

3.2.4.3. Descripción del proceso a nivel de laboratorio

El procedimiento que se siguió para la elaboración de la mermelada empieza con la obtención de la formulación adecuada para un producto que cumpla con los requisitos de la norma en la que se basa este proyecto, partiendo desde la recepción de la materia prima.

El procedimiento de la experimentación a escala de laboratorio para la obtención del producto se describe a continuación:

- Primero se recepto la materia prima en forma de mazorca de cacao.



Fotografía 2-3: Recepción de la materia prima

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- Se lavó la mazorca con ayuda de un cepillado manual.



Fotografía 3-3: Lavado de la mazorca de cacao

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- Seguido a eso se realizó el cortado de la mazorca y el desvenado de las almendras del maguey.



Fotografía 4-3: Cortado de la mazorca del cacao

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- Se realizó la extracción del mucílago del cacao de manera mecánica con ayuda de la despulpadora.



Fotografía 5-3: Extracción del mucílago de cacao
Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- Se realizó el pesado del mucílago para elaborar la mermelada.



Fotografía 6-3: Pesado del mucílago.
Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- Ya obtenido el mucílago de cacao se llevó a la operación de evaporado para concentrar la pulpa con los demás insumos como ácido cítrico, azúcar, pectina y el conservante.



Fotografía 7-3: Mezclado y Evaporado del mucílago de cacao
Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- Luego de llegar a los puntos óptimos de °Brix y consistencia de la mermelada se realizó el envasado de la misma.



Fotografía 8-3: Envasado de la mermelada obtenida a partir del mucílago de cacao
Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- Por último, se realizó la prueba de vida acelerada para determinar la vida útil del producto, pues es necesario saber para la conservación del mismo. Los resultados determinan que puede durar hasta 6 meses en las condiciones de ambiente seco y fresco.



Fotografía 9-3: Prueba de vida acelerada de la mermelada
Realizado por: Silvia Marzano, 2018

3.2.4.4. Formulación de la mermelada a base de mucílago de cacao

Durante los ensayos de laboratorio se desarrollaron 3 tipos de formulaciones para contar con una idea clara de los gustos que pueden ser preferidos por los consumidores y brindar un producto adecuado al mercado.



Fotografía 10-3: Diferentes tipos de formulación de mermelada
Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Las variaciones que se tomaron en cuenta en cada una de ellas son en base a la cantidad de fruta e insumos y además en la adición de maguey o aromas artificiales, mismas que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 11-3: Diferentes formulaciones empleadas para la obtención de mermelada a partir del mucílago de cacao

Materia prima e insumos	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Mucílago de cacao	68,21 %	70 %	72 %
Azúcar	33,2 %	30 %	28 %
Pectina	1,34 %	1 %	1 %
Ácido cítrico	0,06 %	0,05 %	0,05 %
Maguey	--	Maguey	--
Aroma chocolate	--	--	Gotas

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

3.2.4.4.1. Análisis de Discriminación para la formulación

La discriminación de las tres formulaciones se realizará en base a un análisis sensorial de cada una de ellas, para determinar cuál de las tres formulaciones desarrolladas funcionaría en el

mercado elaborada a nivel industrial se determinó con ayuda de la aplicación de una encuesta a un grupo de estudiantes de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, por ende el método aplicado en este ítem es el denominado “jueces afectivos”, el mismo que representa a los posibles consumidores del producto que se evalúa.

Los resultados que se generan en el estudio de esta prueba dan a conocer si la mermelada de mucilago de cacao es aceptada o no en el mercado, pues las personas que participan son representativas de acuerdo a los posibles clientes o consumidores, además de no haber recibido algún tipo de entrenamiento previo. La prueba de degustación se realizó de 8 am. hasta las 6 pm. con distintos grupos como posibles consumidores.

➤ Procedimiento

- ✓ Para identificar a cada una de las formulaciones se realizó la asignación de números aleatorios como se muestra en la tabla:

Tabla 12-3: Selección de números aleatorios para las distintas formulaciones de mermelada elaborada a partir del mucilago del cacao

Formulación	Composición	Número de identificación
N° 1	Mucilago	1835
N° 2	Mucilago, maguey	1836
N° 3	Mucilago, aroma chocolate	1837

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- ✓ La aplicación de las encuestas se realizó el día 27 de Julio del 2018 con la participación de alrededor de 110 personas como jueces, pertenecientes a diferentes niveles de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
- ✓ Cada formulación fue proporcionada por la encuestadora en una galleta para la degustación.
- ✓ Luego de la degustación se explicó como rellenar la encuesta de manera correcta, misma que se muestra en el Anexo A.
- ✓ Finalizado la llena de encuestas se procede a realizar el análisis estadístico correspondiente para evaluar que formulación es la más aceptada.



Fotografía 11-3: Pruebas asertivas para determinar la mejor formulación de mermelada.

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

➤ Resultados

Primero se realizó la distribución de frecuencias, para determinar cuántas respuestas obtuvo cada formulación que dará una idea general de la preferencia de los jueces asertivos hacia las tres distintas formulaciones, de acuerdo con los resultados reportados en la ilustración 2-3 y en la tabla 13-3, reportaron que la formulación 1835 obtuvo más respuestas alcanzando una frecuencia igual a 52 que representó un porcentaje igual a 46.86%.

Mientras que la formulación 1836 obtuvo 46 respuestas de los jueces asertivos representando un porcentaje igual a 41.44% y la fórmula que menos respuestas obtuvo fue la 1837 con una frecuencia igual a 13 que representó el 11.71% del total de las respuestas obtenidas, con esto se aprecia que va a existir una mayor preferencia hacia la formulación 1835, con lo que abra que evaluar las demás características.

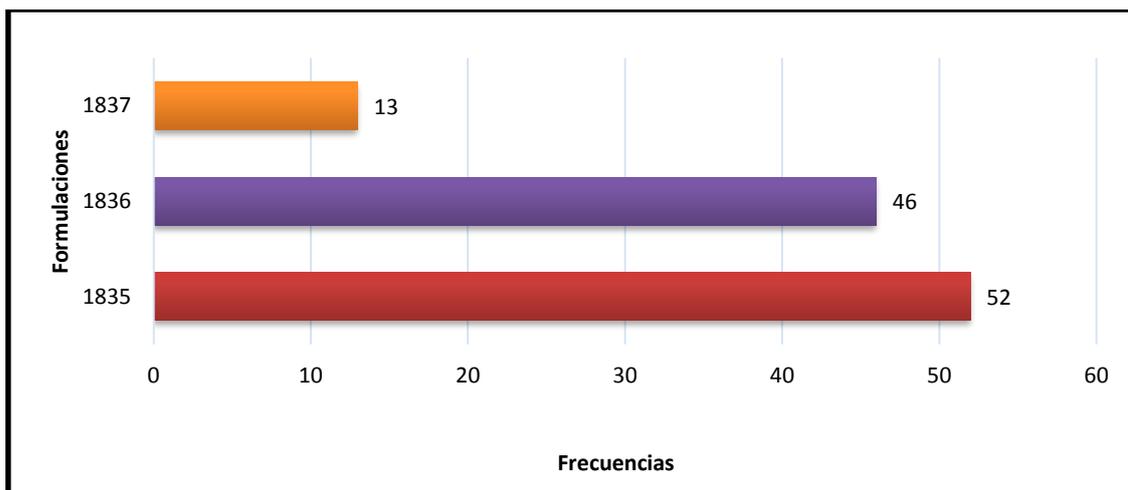


Gráfico 1-3: Análisis de frecuencias de los resultados obtenidos a las pruebas de asertividad de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 13-3: Análisis de frecuencias de los resultados obtenidos a las pruebas de asertividad de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Códigos	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1835	52	46.85	46.85
1836	46	41.44	88.29
1837	13	11.71	100.00

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- **Sabor**

La primera prueba organoléptica que se evaluó fue el sabor, que expresa qué sensación les causa a las papilas gustativas la mermelada, para esto se utilizó un test estadístico de Kruskal Wallis para variables no paramétricas, determinando diferencias significativas ($P < 0.01$) entre medias, de acuerdo con el análisis la formulación 1835 obtuvo la mayor aceptación con medias iguales a 45.9%.

A continuación, se obtuvieron las respuestas con la formulación 1836 que tuvo una aceptación al sabor igual a 40.5% y la formulación menos aceptada fue la 1837 ya que únicamente al 11.7% del total de los jueces le gusto el sabor.

Analizando la mejor formulación en cuanto a sabor se refiere, el 2.7% de los jueces expreso que el sabor de la formulación le fue indiferente y ningún juez dijo que le disgusto el sabor de la mermelada, con estos resultados se interpreta que al existir una interacción positiva y ser

dispersos los datos las formulaciones si afectaron a la aceptación del sabor de los jueces, siendo mejor la formulación 1835 al tener mayor número de jueces que les gusto la mermelada.

Tabla 14-3: Prueba de Kruskal Wallis para la prueba sabor de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Variable	Tratamiento	D.E.	gl	C	H	P
Sabor	1835	0.79	2	0.27	1.5	0.0608
Sabor	1836	0.55				
Sabor	1837	0.33				

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 15-3: Análisis de las frecuencias para la prueba sabor de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Código	No me Gusta	Indiferente	Me gusta	Porcentaje		
1835	0	3	51	0	2.7	45.9
1836	0	5	45	0	4.5	40.5
1837	0	1	13	0	0.9	11.7

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

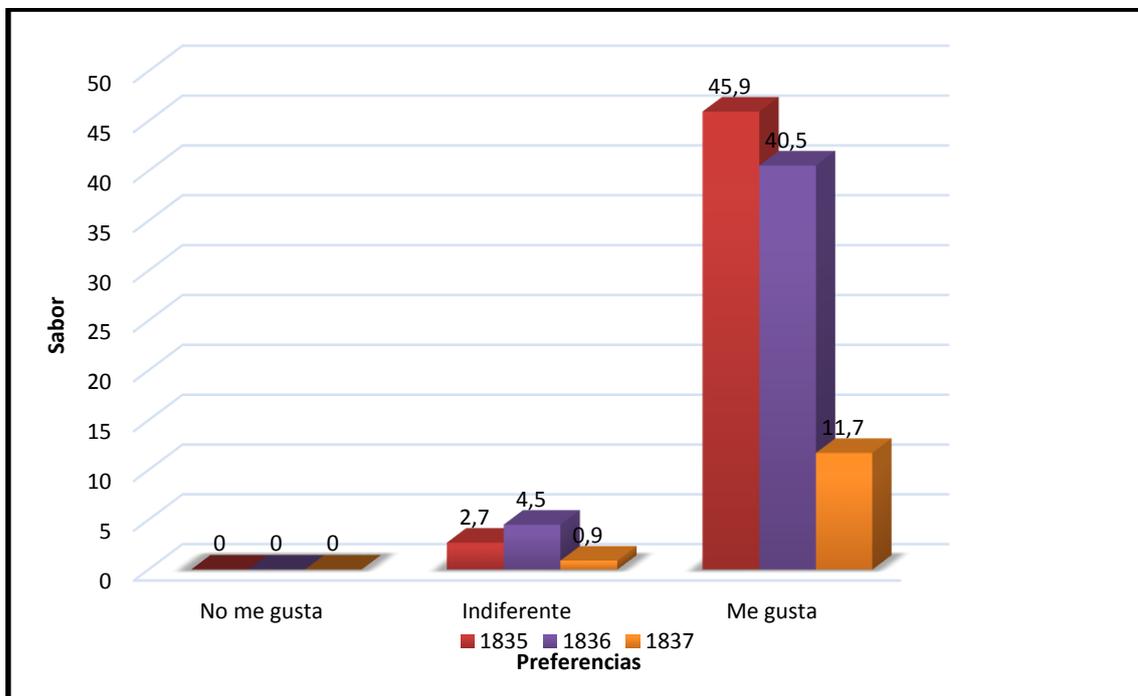


Gráfico 2-3: Análisis de frecuencias a la prueba sabor de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- **Consistencia**

El mismo tratamiento estadístico se realizó para la prueba sensorial consistencia, que comprende en sentir el producto y determinar qué sensación causa al juez por lo general se prefiere una consistencia compacta, esta prueba reporto diferencias estadísticas ($P < 0.01$) entre medias, siendo la formulación que mayor aceptación tuvo la 1835 alcanzando un promedio de aceptación igual a 44.68%.

La sensación de buena consistencia fue menos aceptada para la formulación 1836 alcanzando un porcentaje igual a 9.57% y la que menor aceptación para los jueces tuvo fue la formulación 1837 con un numero de aceptación igual a 6 jueces que representaron el 6.38% del total de las muestras evaluadas.

Analizando otras respuestas obtenidas para la formulación 1835, se determinó que el 9.57% de los jueces le encontraron indiferente a la consistencia de la mermelada y existió 1 juez al que no le gusto la consistencia que represento el 1.06%, con estas respuestas se interpreta que los jueces encontraron una mejor consistencia a la formulación 1835 siendo la mejor para esta prueba.

Tabla 16-3: Prueba de Kruskal Wallis para la prueba consistencia de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Variable	Tratamiento	D.E.	Gl	C	H	p
Consistencia	1835	0.87	2	0.6	3.67	0.0478
Consistencia	1836	1.53				
Consistencia	1837	1.19				

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 17-3: Análisis de las frecuencias para la prueba consistencia de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Código	No me gusta	Indiferente	Me gusta	Porcentaje		
1835	1	9	42	1.06	9.57	44.68
1836	9	11	9	9.57	11.70	9.57
1837	3	4	6	3.19	4.26	6.38

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

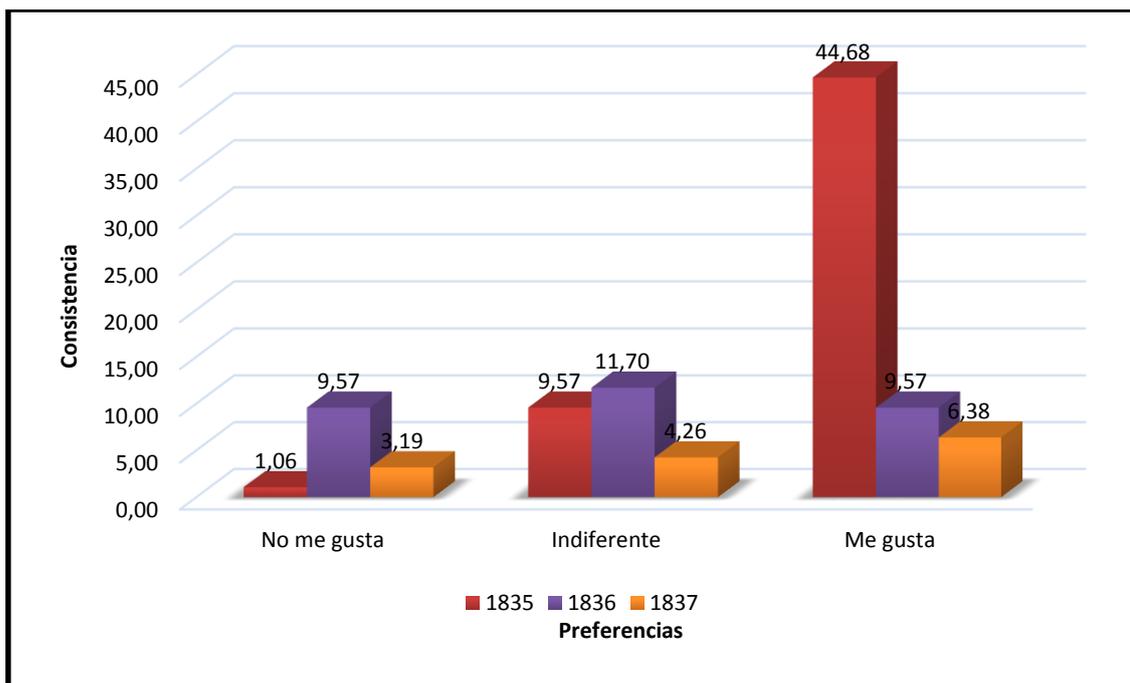


Gráfico 3-3: Análisis de frecuencias a la prueba consistencia de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- **Color**

El mismo tratamiento estadístico se realizó para la prueba sensorial color, que comprende en mirar el producto y obtener cual es la sensación visual que causa al juez por lo general se prefiere colores opacos que no afecten demasiado la percepción visual, esta prueba reporto diferencias estadísticas ($P < 0.01$) entre medias, siendo la formulación que mayor aceptación tuvo la 1835 alcanzando un promedio de aceptación igual a 36.9%.

La sensación de color agradable fue menos aceptada para la formulación 1836 alcanzando un porcentaje igual a 29.7% y la que menor aceptación para los jueces tuvo fue la formulación 1837 con un numero de aceptación igual a 9 jueces que representaron el 8.1% del total de las muestras evaluadas.

Analizando otras respuestas obtenidas para la formulación 1835, se determinó que el 6.3% de los jueces le encontraron indiferente al color de la mermelada y existió 4 jueces a los que no les gusto el color de la mermelada esto represento el 3.6%, con estas respuestas se interpreta que los aditivos y la materia prima utilizada en la formulación mejora la característica sensorial color logrando que tenga mayor aceptación.

Tabla 18-3: Prueba de Kruskal Wallis para la prueba color de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Variable	Tratamiento	D.E.	Gl	C	H	P
Consistencia	1835	1.54	2	0.56	4.38	0.0203
Consistencia	1836	1.19				
Consistencia	1837	0.79				

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 19-3: Análisis de las frecuencias para la prueba color de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Código	No me gusta	Indiferente	Me gusta	Porcentaje		
1835	4	7	41	3.6	6.3	36.9
1836	4	10	33	3.6	9.0	29.7
1837	1	2	9	0.9	1.8	8.1

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

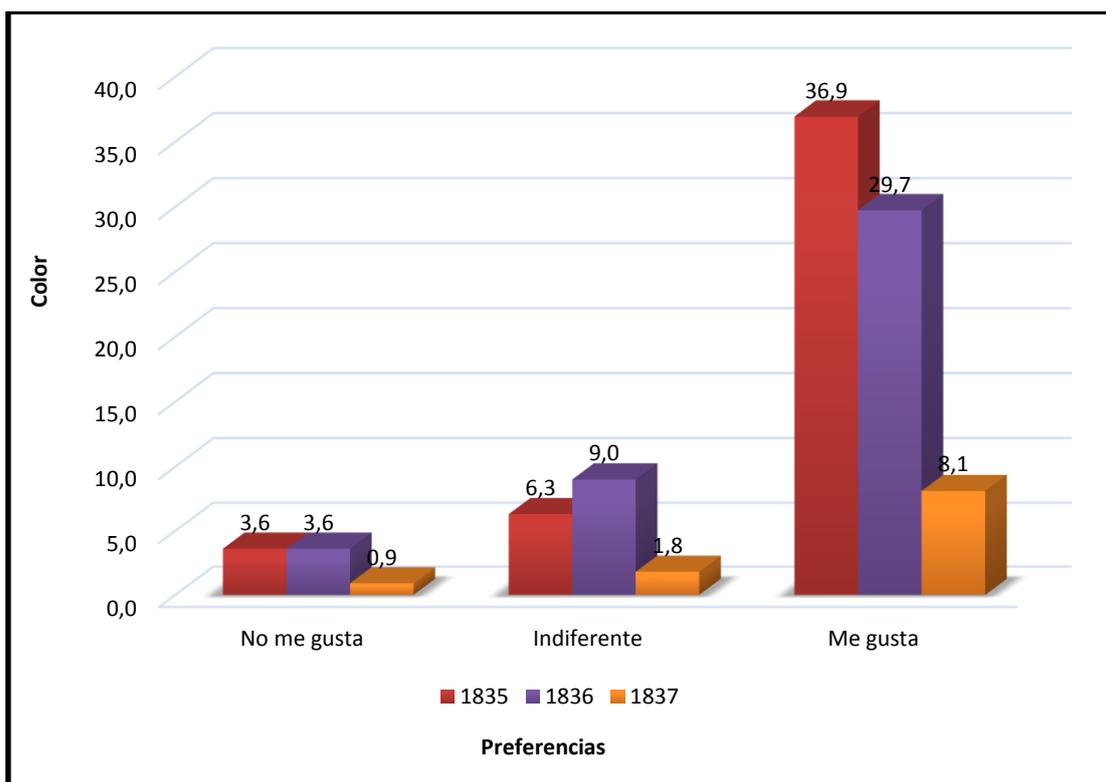


Gráfico 4-3: Análisis de frecuencias a la prueba color de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- **Olor**

El mismo tratamiento estadístico se realizó para la prueba sensorial olor, que comprende en usar el sentido del olfato y obtener cual es la sensación que causa al juez por lo general se prefieren olores blandos no fuertes o extraños y que no afecten demasiado la percepción del olfato, esta prueba reporto diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre medias, siendo la formulación que mayor aceptación tuvo la 1835 alcanzando un promedio de aceptación igual a 26.13%.

La sensación de olor agradable fue menos aceptada para la formulación 1836 alcanzando un porcentaje igual a 19.82% y la que menor aceptación para los jueces tuvo fue la formulación 1837 con un número de aceptación igual a 9 jueces que representaron el 8.1% del total de las muestras evaluadas.

Analizando otras respuestas obtenidas para la formulación 1835, se determinó que el 18.2% de los jueces le encontraron indiferente al olor de la mermelada y existió 3 jueces a los que no les gusto el olor de la mermelada esto represento el 2.7%, con estas respuestas se interpreta que los aditivos y la materia prima utilizada en la formulación 1835 logra que la sensación de olor sea más penetrante y agradable para el juez.

Tabla 20-3: Prueba de Kruskal Wallis para la prueba olor de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Variable	Tratamiento	D.E.	GI	C	H	P
Consistencia	1835	1.18	2	0.78	17.82	<0.0001
Consistencia	1836	1.28				
Consistencia	1837	1				

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 21-3: Análisis de las frecuencias para la prueba olor de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Código	No me gusta	Indiferente	Me gusta	Porcentaje		
1835	3	20	29	2.70	18.02	26.13
1836	4	20	22	3.60	18.02	19.82
1837	2	2	9	1.80	1.80	8.11

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

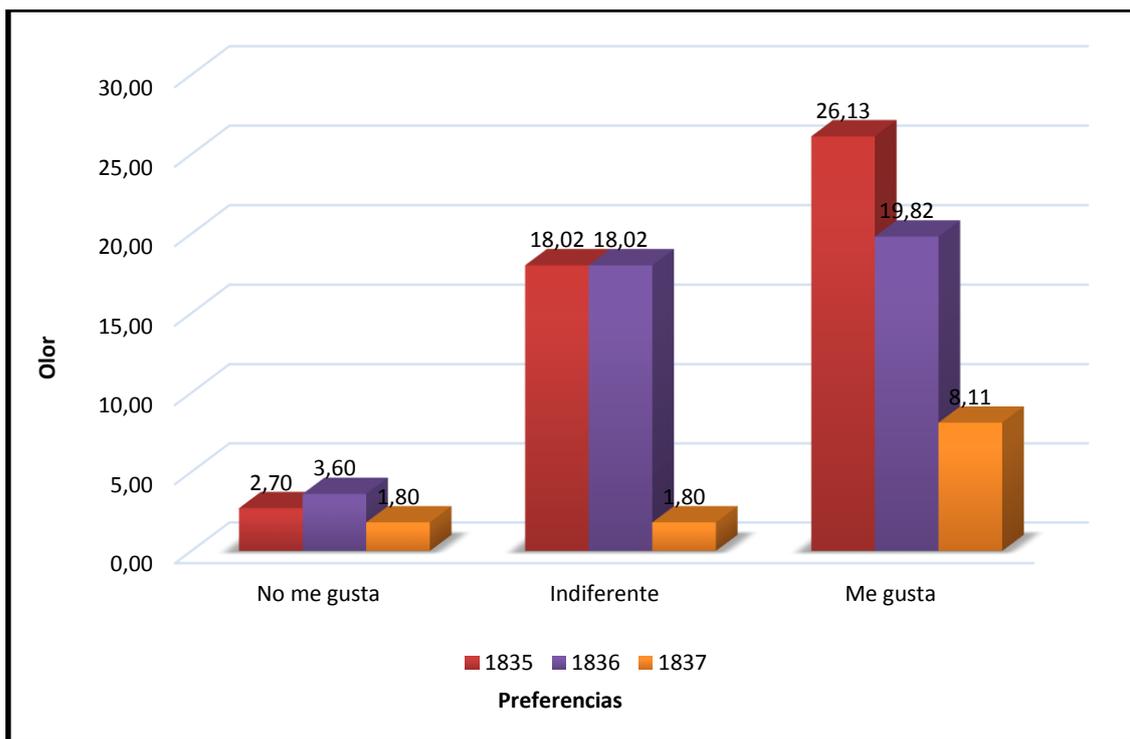


Gráfico 5-3: Análisis de frecuencias a la prueba olor de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- **Análisis de componentes principales**

Al tener más de dos variables analizadas y un número mayor a 100 muestras, se necesita determinar que componente se ve más asociado con la formulación, para determinar la incidencia de la formulación y las características organolépticas, como se muestra en la ilustración 6-3, los componentes color, sabor y consistencia se asocian más con el componente 1 que sería la formulación 1835 y únicamente la variable olor se identifica con los otros dos componentes que son la formulación 1836 y 1837.

Demostrando con las respuestas que la mejor formulación para el proceso de producción de mermelada es la 1835, ya que aumenta las características sensoriales y es mayormente aceptada por los jueces, en base a esta formulación se realizaron los análisis de laboratorio y el diseño de los equipos para que sea un producto que tenga mayor aceptación en el mercado.

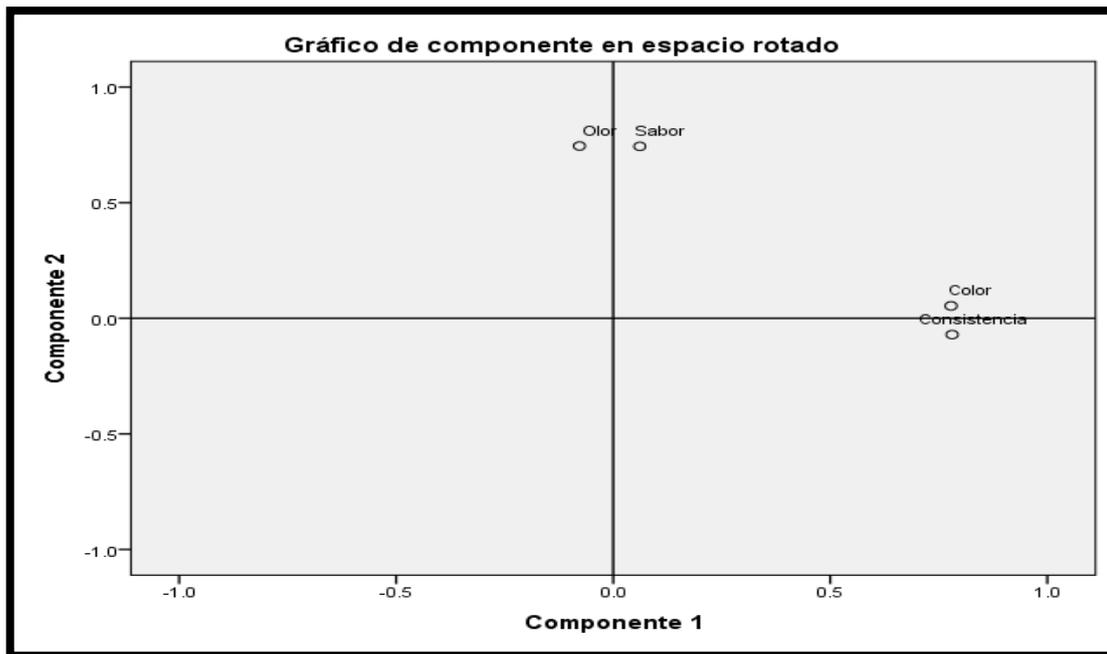


Gráfico 6-3: Gráfico de componentes de las características sensoriales de acuerdo a los distintos tipos de formulación

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

3.2.4.5. Variables del proceso

Las variables más importantes que influyen en el proceso de elaboración de mermelada de mucilago de cacao se detallan brevemente a continuación:

- **Temperatura:** Es la variable más importante dentro del proceso de elaboración de mermelada de mucilago, pues es contralada necesariamente en la operación de evaporado, para evitar que existan alteraciones en el producto final, aplicando la formulación ya establecida a nivel de laboratorio.
- **°Brix:** La cantidad de solidos solubles presentes en la mermelada obtenida es fundamental para el cumplimiento de la misma en la norma INEN 2825 en la que se basa este proyecto, pues si no se cumple no se debe comercializar para el consumo.
- **pH:** Aunque la determinación de la variable anteriormente mencionada, es la única dentro de la norma NTE 2825 para mermeladas, confituras y jaleas que pide como requerimiento cumplir, sin embargo el Ph es importante controlar al adicionar insumos como el ácido cítrico.

3.2.4.6. Operaciones Unitarias del Proceso

A continuación se muestra una tabla con cada una de las operaciones unitarias del proceso de obtención de la mermelada de mucílago de cacao con las variables que incluyen en las mismas y el rango en el que debe controlar.

Tabla 22-3: Operaciones del proceso y variables óptimas de obtención de mermelada de mucílago de cacao.

Proceso	Descripción	Variable o Parámetro	Rango
Selección de la materia prima	En esta operación se realiza la inspección visual de las mazorcas de cacao	Grado de maduración del cacao	Optima
Lavado	Es necesario realizar un lavado de las mazorcas para evitar la contaminación del mucílago de cacao obtenido en las operaciones contiguas.	--	--
Cortado y desvenado	En esta operación se realiza la separación de las almendras de cacao de su cascara y maguey	--	--
Despulpado	El despulpado consiste en la obtención del mucílago de cacao, mismo que se utilizará en su totalidad para la elaboración del producto.	Revoluciones por minuto	3000-3500 rpm
Evaporado	Es la operación más importante del proceso, pues en este punto se realiza la concentración de la mezcla de materia prima e insumos para la obtención de la mermelada.	Temperatura de evaporado	90°C
Envasado	Preferiblemente es necesario realizar el envasado del producto en envases de vidrio inoculados.	Inoculación del envase	Total
Almacenado	El almacenamiento es adecuado si se realiza en un ambiente fresco y seco.	Temperatura y ambiente	20° C en ambiente fresco y seco

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

3.2.5. Balance de masa y energía

La implementación de este proyecto será realizada por el GAD Municipal del Cantón de Shushufindi por lo que la materia prima será receptada a partir de los productores aledaños del sector, por ende, la capacidad base de producción por cada lote requerida por el GAD municipal de dicho Cantón es de 200 Kg/h, para esto se debe saber el número de mazorcas aproximadamente que deben ingresar al proceso:

Tabla 23-3: Datos para cálculos tomados de las pruebas experimentales

N°	Peso Mazorca (Lb)
1	1,320
2	2,320
3	1,820
4	2,400
5	1,520
6	1,840
7	1,840
8	2,020
9	2,460
10	2,540
Promedio	2,008

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

$$2,008 \text{ Lb} * \frac{454 \text{ g}}{1 \text{ Lb}} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 0,912 \text{ Kg}$$

$$\rho_{\text{mucflago}} = 1,040 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{(100)^3 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 1040 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

- **Cálculo del número de mazorcas que ingresa.**

En la simulación de 5 Kg de mucílago se obtuvieron 3,5 Kg de mermelada entonces, si de una mazorca se obtienen 65 ml.

$$65 \text{ ml} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 6,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3 * 1040 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 0,0676 \text{ Kg}$$

5 Kg mucílago → 3,5 Kg mermelada

$$x \leftarrow 200 \text{ Kg mermelada}$$

$$x = 255,71 \text{ Kg mucílago}$$

De 1 mazorca se obtiene 0,0676 Kg de mucílago, por lo tanto:

$$\# \text{ de mazorcas} = \frac{285,71 \text{ Kg}}{0,0676 \text{ Kg}}$$

$$\# \text{ de mazorcas} = 4226,48 \cong 4227 \text{ Unidades}$$

Para obtener $200 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$ de mermelada de mucílago de cacao se debe ingresar alrededor de 4227 Unidades de cacao en buen estado.

3.2.5.1. Balances de masa

- Selección materia prima



De los ensayos realizados en laboratorio:

$$\text{Entra MP} = 80 \text{ Unidades} * 0,912 \text{ Kg} = 72,96 \text{ Kg}$$

$$\text{Salida MP} = 74 \text{ unidades} * 0,912 \text{ Kg} = 67,48 \text{ Kg}$$

$$80 \rightarrow 100 \%$$

$$74 \rightarrow x$$

$$x = 92,5$$

7,5 % desperdicio aproximadamente

$$4560 \text{ Kg cacao} \rightarrow 100 \%$$

$$X \leftarrow 7,5 \%$$

$$x = 342 \text{ Kg cacao}$$

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{Cantidad MP}_{\text{sale}}}{\text{Cantidad MP}_{\text{entra}}} * 100$$

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{4218 \text{ Kg cacao}}{4560 \text{ Kg cacao}} * 100$$

$$\% \text{ rendimiento} = 92,5 \%$$

- **Lavado**



Asumiendo el 2% de impurezas

$$4218 \text{ Kg Cacao} \rightarrow 100 \%$$

$$X \leftarrow 2 \%$$

$$x = 84,36 \text{ Kg impurezas}$$

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{4133,64 \text{ Kg}}{4218 \text{ Kg}} * 100$$

$$\% \text{ rendimiento} = 98 \%$$

- **Cortado y Desvenado**

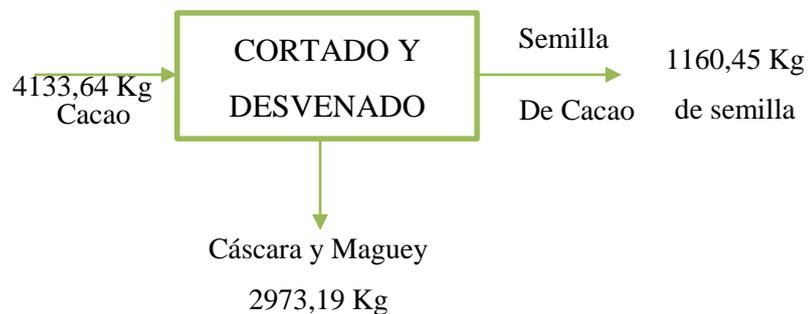


Tabla 24-3: Datos experimentales de los ensayos

N°	Peso Cascara (Lb)	# Semillas	Peso Maguey (Lb)
1	1,280	32	0,080
2	1,200	38	0,073
3	1,400	37	0,092
4	1,600	33	0,082
5	1,560	41	0,076
6	1,160	31	0,068
7	1,160	30	0,074
8	1,620	39	0,090
9	1,140	40	0,081
10	1,450	33	0,079
Promedio	1,357 → 0,616 Kg	35,4	0,0795 → 0,04 Kg

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

$$0,912 \text{ Kg} - 0,616 \text{ Kg} - 0,04 \text{ Kg} = 0,256 \text{ Kg semilla}$$

$$\frac{4133,64 \text{ Kg}}{0,912 \text{ Kg}} = 4533 \text{ Unidades}$$

$$4533 \text{ Unidades} * 0,256 \text{ Kg} = 1160,45 \text{ Kg semillas}$$

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{1160,45 \text{ Kg semilla}}{4133,64 \text{ Kg cacao}} * 100$$

$$\% \text{ rendimiento} = 28,06 \%$$

- **Despulpado**



En los ensayos de laboratorios de 20,30 Kg semilla se obtuvo 5 Kg de mucílago:

$$20,30 \text{ Kg semilla} \rightarrow 100 \%$$

$$5 \text{ Kg mucílago} \rightarrow x$$

$$x = 24,63 \%$$

A nivel industrial se obtendrá:

$$1160,45 \text{ Kg semilla} \rightarrow 100 \%$$

$$X \leftarrow 24,63 \%$$

$$x = 285,82 \text{ Kg}$$

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{285,82 \text{ Kg mucílago}}{1160,45 \text{ Kg semilla}} * 100$$

$$\% \text{ rendimiento} = 24,63 \%$$

- **Evaporado**

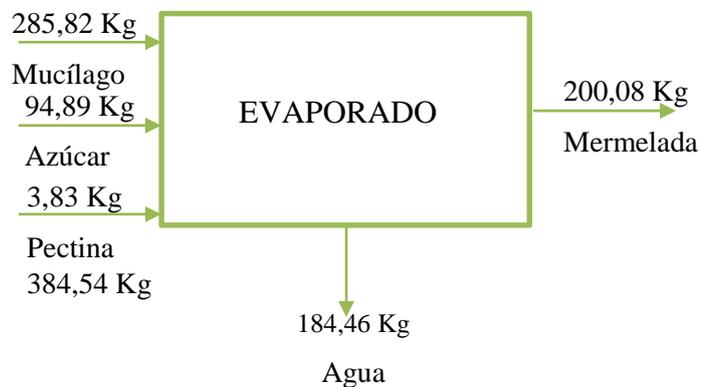


Tabla 25-3: Formulación y cantidades de materia prima.

Formulación	Nivel Industrial	Ensayo de Laboratorio
Fruta: 68,21 %	285,52 Kg	5 Kg
Azúcar: 33,2 %	94,59 Kg	1,66 Kg
Ac. Cítrico: 0,06 %	0,17 Kg	0,003 Kg
Pectina: 1,34 %	3,83 Kg	0,067 Kg
Sorbato de Potasio: 0,0132 %	0,037 Kg	$6,6 \times 10^{-4}$ Kg
Total		6,727 Kg entra

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

En los ensayos de laboratorios se obtuvo:

$$6,727 \text{ Kg Entra} \rightarrow 3,5 \text{ Mermelada}$$

$$6,727 \text{ Kg Entrada} \rightarrow 100 \%$$

$$3,5 \text{ Kg Salida} \rightarrow x$$

$$x = 52,03 \%$$

A nivel industrial

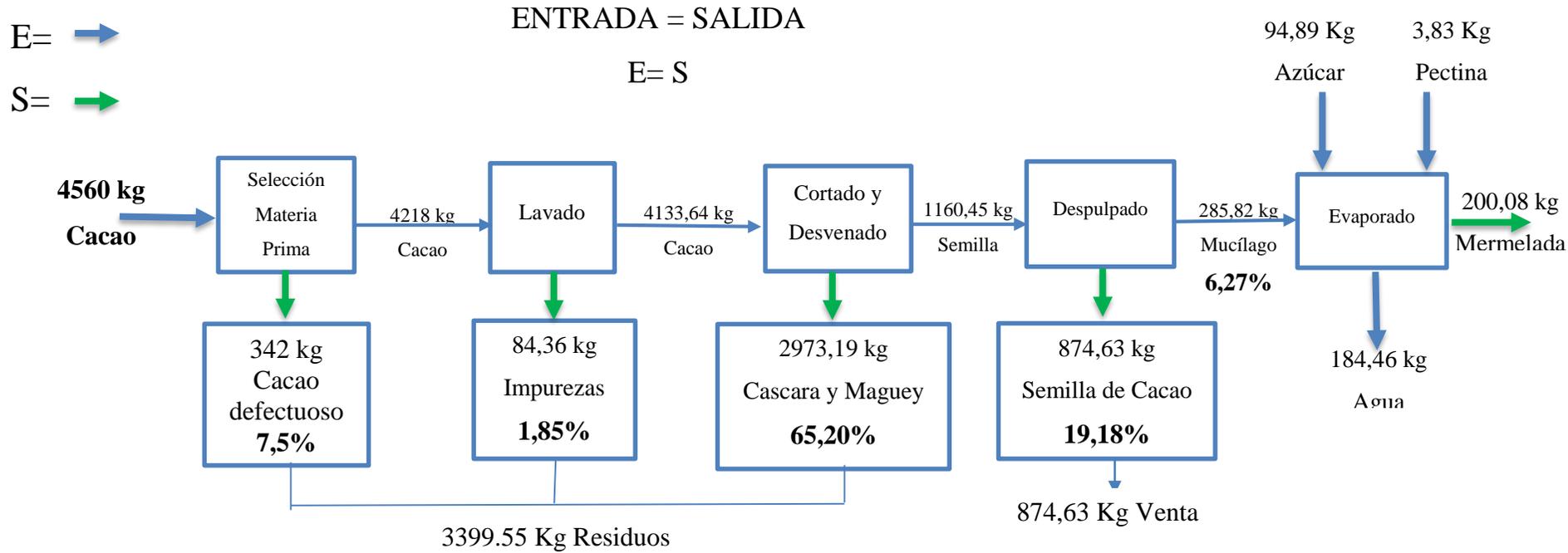
384,54 Kg entrada → 100 %

X ← 52,03 %

x = 200,08 Kg

Rendimiento al igual que en los ensayos de laboratorios es de 52,03 %

BALANCE DE MASA GENERAL



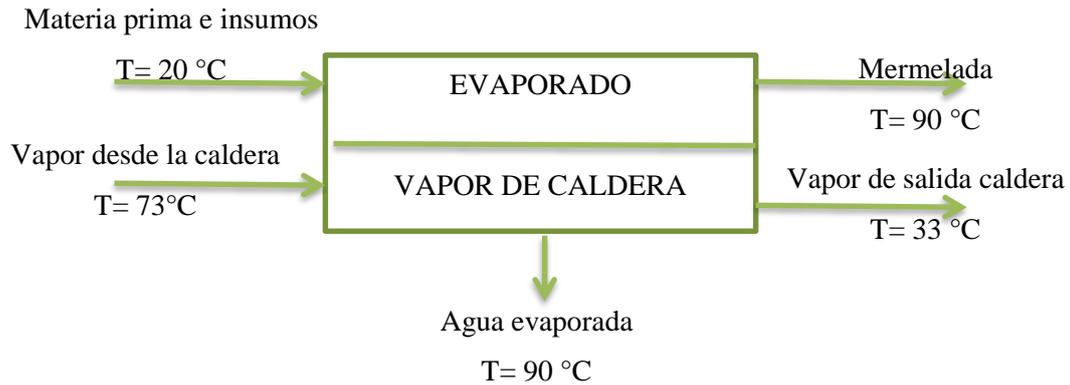
$$\% \text{ rendimiento total del proceso} = \frac{200,08 \text{ Kg Mermelada}}{4560 \text{ Kg Cacao}} * 100$$

$$\% \text{ rendimiento} = 4,39 \%$$

Rendimiento en la mermelada de mucílago de cacao es de 52,03% que se realizó en la Operación de Evaporador y el rendimiento de las semillas 19,18%.

3.2.5.2. Balance de energía

- **Evaporador**



$$P = 17 \text{ Psi}$$

$$T_{ve} = 73^{\circ}\text{C}$$

$$T_{vs} = 33^{\circ}\text{C}$$

$$H_w = (73^{\circ}\text{C}) 2631,9 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$h_w = (33^{\circ}\text{C}) 138,32 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

- **Calor latente de vaporización**

$$\lambda_w = H_w - h_w$$

$$\lambda_w = (2631,9 - 138,32) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\lambda_w = 2493,58 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} * \frac{0,239 \text{ Kcal}}{1 \text{ KJ}} = 595,97 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

- **Calor latente del evaporado**

$$T_e = 20^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 90^{\circ}\text{C}$$

$$H_e = 618,53 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$h_e = 16,15 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

Humedad mucílago = 80,5 %

$$92,5 \text{ } ^\circ\text{C} \rightarrow 100 \%$$

$$90^\circ\text{C} \rightarrow x$$

$$x = 97,29 \%$$

$$H_e (90^\circ\text{C}) = 2660,1 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \rightarrow 100 \%$$

$$X \leftarrow 97,29 \%$$

$$x = 2588,01 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \rightarrow 618,53 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$h_e (20^\circ\text{C}) = 83,96 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \rightarrow 100 \%$$

$$X \leftarrow 80,5 \%$$

$$x = 67,59 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$67,59 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} * \frac{0,239 \text{ kcal}}{1 \text{ KJ}} = 16,15 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$\lambda_e = H_e - h_e$$

$$\lambda_e = (618,53 - 16,15) \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$\lambda_e = 602,38 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

- **Corriente de vapor en la cámara de calefacción**

$$W = \frac{(F-C) \lambda_e + FCp_F (t_s - t_f)}{\lambda_w}$$

Dónde:

F = corriente de alimentación (Kg/h) 384,54 Kg/h

W = corriente de vapor en cámara de calefacción Kg/h

C = corriente de concentrado (200,08 Kg/h)

Cp_F = capacidad calorífica de alimentación (kcal/°C Kg)

λ_e = calor latente de evaporización (Kcal/Kg)

λ_w = calor latente vaporización (Kcal/Kg)

t_s = temperatura inicial (°C)

t_f = temperatura final (°C)

$$C_{pF} = 2,143 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} * \frac{0,239 \text{ Kcal}}{1 \text{ KJ}} = 0,512 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}$$

$$W = \frac{\left(384,54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} - 200,08 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}\right) \left(602,38 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right) + \left(384,54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}\right) \left(0,512 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}\right) (90-20)^\circ\text{C}}{595,97 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}}$$

$$W = 209,57 \frac{\text{Kg de vapor}}{\text{h}}$$

- **Flujo de calor**

$$Q = W * \lambda_w$$

$$Q = 209,57 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 595,97 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$Q = 124897,43 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

- **Caldera**



$$P = 72,53 \text{ Kw} = 97,26 \text{ BHP}$$

- **Cálculo del calor del sistema**

$$\text{BHP} = \frac{m_v (h_g - h_f)}{Q}$$

Dónde:

BHP = potencia del caldero

m_v = masa de vapor

$$h_g = \text{entalpia del vapor a } 73^\circ\text{C} = 2630,2 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$h_f = \text{entalpia del agua de entrada a } 17^\circ\text{C} = 71,38 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Q = calor del sistema

$$\text{masa de agua} = 0,3119 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * 3600 \text{ s}$$

$$\text{masa de agua} = 1122,84 \text{ Kg}$$

$$1122,84 \rightarrow 100 \%$$

$$X \leftarrow 72 \%$$

$$x = 808,44 \text{Kg} \rightarrow \text{masa de vapor}$$

$$Q = \frac{m_v(h_g - h_f)}{\text{BHP}}$$

$$Q = \frac{808,44 \text{Kg} (2630,2 - 71,38) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}{97,26 \text{ BHP}}$$

$$Q = 21269,30 \text{ KJ}$$

- **Potencia Quemada**

$$\text{Potencia quemada} = P_c * C$$

Dónde:

$$P_c = \text{poder calorífico (diésel } \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}) = 40201 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$C = \text{consumo } (\frac{\text{m}^3}{\text{h}}) = 2,45 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ m}^3}{805 \text{ Kg}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 0,011 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\rho_{\text{diesel}} = 805 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_c = 40201 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} * 805 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{0,2390 \text{ Kcal}}{1 \text{ KJ}} = 7734471,39 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Potencia quemada} = 7734471,39 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3} * 0,011 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\text{Potencia quemada} = 85079,18 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \rightarrow 98,9471 \text{ Kw}$$

- **Rendimiento caldera**

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{potencia útil}}{\text{potencia quemada}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{72,53 \text{ Kw}}{98.9471 \text{ Kw}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 73,30 \%$$

3.2.6. Dimensionamiento de equipos

3.2.6.1. Mesa de Selección, Lavado, Cortado y Desvenado

Se asume en base al área de implementación

$$L = 2 \text{ m}$$

$$a = 0,90 \text{ m}$$

$$h = 0,25 \text{ m}$$

- **Volumen de la mesa**

$$V = L * a * h$$

Dónde:

L = longitud de la mesa (2 m)

a = ancho de la mesa (0,90 m)

h = alto de la caja de la mesa (0,25 m)

$$V = 2 \text{ m} * 0,90 \text{ m} * 0,25 \text{ m}$$

$$V = 0,45 \text{ m}^3$$

- **Capacidad de la mesa**

Suponiendo que es un cilindro

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

Datos experimentales

Tabla 26-3: Datos experimentales: Longitud y diámetro de mazorca de cacao.

N°	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	26,5	9,7
2	24	8,95
3	25	10,4
4	22,5	9,5
5	26	9,1
6	23,5	9,1
7	24	10,6
8	26	10,9
9	20,5	10
10	25	9
Promedio	24,3 cm → 0,243 m	9,73 cm → 0,097 m

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

$$V = \pi (0,0485)^2 \text{ m}^2 * 0,243 \text{ m}$$

$$V = 1,79 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\varnothing = 0,097 \text{ m}$$

$$r = \frac{0,097}{2} = 0,0485$$

N° = Unidades para selección (5000)

$$5000 * 1,79 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 8,95 \text{ m}^3$$

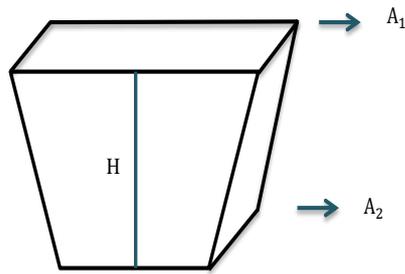
Porque es necesario llenar la mesa a medida que se selecciona la materia prima, se realiza el lavado y el cortado y desvenado.

3.2.6.2. Despulpadora

- **Tolva de alimentación**

La tolva de alimentación de la despulpadora para la obtención del mucílago se considera una tolva de tipo POLÍGONO TRAPEZOIDAL para evitar obstrucciones al momento de la operación.

Capacidad de la tolva 5 Kg → 14 min (simulación)



$$\frac{20,3 \text{ Kg}}{14 \text{ min}} = 1,45 \frac{\text{Kg}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 87 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$1 \text{ h} \rightarrow 1160,45 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \text{ semillas}$$

$$\rho_{\text{aparente}} = 1044 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

La capacidad de la despulpadora está dispuesta para 1160,45 Kg/h de semillas de alimentación de mucílago.

$$V_{\text{tolva}} = \frac{\text{m cap}}{\rho \text{ aparente}}$$

Dónde:

m cap = capacidad de operación en 1 h $\rightarrow 1160,45 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$ semillas

ρ aparente del Cacao $1044 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

$$V_{\text{tolva}} = \frac{1160,45 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1044 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{\text{tolva}} = 1,11 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Con el volumen requerido para la capacidad de operación de la tolva se obtiene las dimensiones aplicando la ecuación para una forma trapezoidal e interpolando:

$$V_{\text{tolva}} = \frac{H}{3} * (A_1 + A_2) + \sqrt{A_1 * A_2}$$

Dónde:

$$H=0,60$$

$$A_1=0,60$$

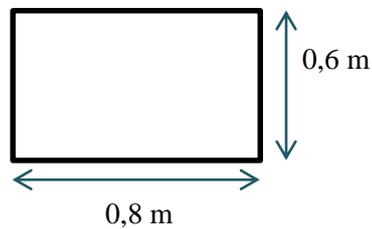
$$A_2 = 0,40$$

$$V_{\text{tolva}} = \frac{0,60}{3} * (0,48 + 0,24) + \sqrt{0,6 * 0,4}$$

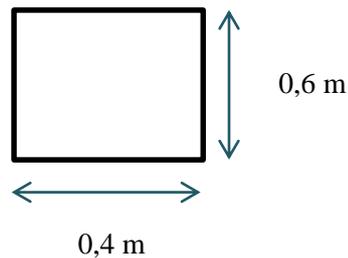
$$V_{\text{tolva}} = 0,63 \text{ m}^3$$

cargando 2 veces la tolva

$$A_1=0,48 \text{ m}^2$$



$$A_2=0,24 \text{ m}^2$$



- **Cámara despulpadora**

La cámara de despulpado se ha considerado de forma cilíndrica horizontal y para su diseño se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \pi r d^2 * Hd$$

Dónde:

V= Volumen que ingresa a la despulpadora

Hd= Valor asumido de altura 1,20 m

rd= Radio del tanque

$$rd^2 = \frac{V}{\pi * Hd}$$

$$rd = \sqrt{\frac{V}{\pi * Hd}}$$

Tabla 27-3: Valores estándar de longitudes y radios despulpadora

Hd (m)	rd (m)
0.50	0.51
0.60	0.47
0.70	0.43
0.80	0.40
0.90	0.38
1	0.36
1.10	0.34
1.20	0.33
1.30	0.32

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

$$rd = \sqrt{\frac{1,11 \text{ m}^3}{\pi * 1,20 \text{ m}}}$$

$$rd = 0,54 \text{ m}$$

Para el volumen requerido para despulpar la cámara de despulpado debe tener 1,20 m de largo y 0.54 m de radio.

Se escoge la LUZ DE MALLA de 1 mm con tolerancia $\pm 0,05 \text{ mm}$ en base a la simulación realizada.

Tabla 28-3: Terminología de mallas metálicas según DIN/ISO 9044

LUZ	TOLERANCIA
4,00 mm	$\pm 0,20 \text{ mm}$
2,00 mm	$\pm 0,10 \text{ mm}$
1,00 mm	$\pm 0,05 \text{ mm}$
0,50 mm	$\pm 0,025 \text{ mm}$
*Luz de malla es la distancia entre dos alambres contiguos de urdimbre o trama	

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- **Calculo de diseño geométrico del tanque tamiz**

El tanque tamiz es la parte desarmable que tiene la luz de malla determinada, y para su diseño según fuentes bibliográficas se considera un 3% menos de la altura y 30% menos del diámetro de la cámara despulpadora.

- **Altura y diámetro**

3% de la altura

$$H_2 = H_d - ((3\%) * H_d)$$

$$H_2 = 1,20 - (0,03 * 1,20)$$

$$D = r_d * 2$$

$$D = 0,55 * 2$$

$$D = 1,10 \text{ m}$$

$$H_2 = 1,164 \text{ m}$$

$$D_2 = D - (30\% * D)$$

$$D_2 = 1,10 - (0,3 * 1,10)$$

$$D_2 = 0,756 \text{ m}$$

- **Radio del Rotor**

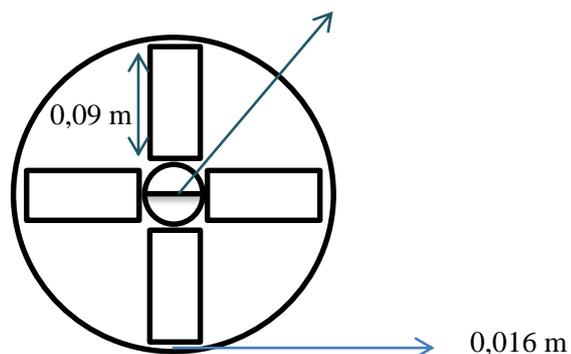
$$r_{\text{rotor}} = \frac{3}{8} * D_2$$

$$r_{\text{rotor}} = \frac{3}{8} * 0,756 \text{ m}$$

$$r_{\text{rotor}} = 0,28 \text{ m}$$

Con estas medidas se establece las medidas del BRAZO Y EJE.

$$0,28 \text{ m} * 2 = 0,56 \text{ m}$$



- **Frecuencia de Rotación**

Las rpm que debe tener el motor se determinan con la fórmula de la frecuencia de rotación:

$$f = \sqrt{\frac{g}{4\pi r}}$$

Dónde:

f= Frecuencia de rotación (rpm)

g = Gravedad (9.8 m/s²)

r= radio del rotor (m)

$$f = \sqrt{\frac{9,8 \text{ m/s}^2}{4\pi(0,28\text{m})}}$$

$$f = 1,67 \frac{\text{rev}}{\text{s}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 100,13 \text{ rpm}$$

(100 – 110) rpm

Los rpm para el motor de la despulpadora diseñada deben ser de 100,13 rpm, por lo tanto, se debe considerar un valor entre 100-110 rpm para el sistema.

- **Velocidad Angular.**

Tabla 29-3: Datos experimentales de simulación: diámetro y peso de almendra.

Nº	$\varnothing_{almendra}$ (cm)	Peso Almendra(g)
1	1,3	0,90
2	1,8	0,93
3	2,1	0,82
4	1,9	0,38
5	1,2	0,52
6	1,1	0,54
7	1,4	0,61
8	2,2	0,88
9	2,0	0,91
10	1,5	0,78
Promedio	1,65 → 0,017 m	0,73

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

$$F_c + F_e = mg$$

$$F_c = m_{ac} \text{ y } a_c = -rw^2$$

Dónde:

F_c = fuerza centrípeta

F_e = fuerza de empuje (acciona el paso de la pulpa por el tamiz)

m = masa de la fruta

w = velocidad angular

r = radio del rotor- radio de la semilla

Despejando y reemplazando:

$$m_{ac} + F_e = mg$$

$$m(-rw^2) + F_e = mg$$

$$m - rw^2 + F_e = g$$

$$w^2 = \frac{mg - F_e}{-mr}$$

$$w = \sqrt{\frac{mg - F_e}{-mr}}$$

F_e = fuerza adicional (fuerza de empuje) es de magnitud constante 23 N (2.038 Kg)

r = radio del rotor - \emptyset semilla $r = 0,28 - 0,017 \text{ m} = 0,263 \text{ m}$

$m = 0,73 \text{ g} \rightarrow 7,3 \times 10^{-4} \text{ Kg}$

$$w = \sqrt{\frac{7,3 \times 10^{-4} \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 23 \text{ N}}{-7,3 \times 10^{-4} \text{ Kg} * 0,263 \text{ m}}}$$

$$w = 364,06 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ rev}}{2 \pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 3304,67 \text{ rpm}$$

El sistema funcionará correctamente con 3304,67 rpm hasta terminar con todo el proceso de obtención de mucílago de la almendra del cacao.

El motor considerado adecuado para la maquina despulpadora pertenece al catálogo de WEG con una potencia de 1 Hp y 3515 rpm, la tabla a continuación detalla las características de este motor:

Tabla 30-3: Características de motor WEG de 3515 rpm

Potencia		Código	RPM	Eficiencia Nominal %	Factor de potencia Pu
Hp	Kw				
1	0,756	001360S1P56	3515	64	0,70

Fuente: WEG, catálogo

3.2.6.3. Evaporador

- **Cálculo del volumen del tanque**

Tomando un factor de seguridad (0,25) el volumen tanque es el siguiente:

$$V = f_s * V_r$$

Dónde:

V = volumen de factor de seguridad

f_s = factor de seguridad (0,25)

V_r = volumen de entrada

↓

285,82 Kg mucílago

94,89 Kg azúcar

$$\rho_{\text{mucílago}} = 1044 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\text{azúcar}} = 1587 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_{\text{mucílago}} = 285,82 \text{ Kg} \frac{1 \text{ m}^3}{1044 \text{ Kg}} = 0,27 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{azúcar}} = 94,89 \text{ Kg} \frac{1 \text{ m}^3}{1587 \text{ Kg}} = 0,06 \text{ m}^3$$

} 0,33 m³

$$V = 0,25 * 0,33 \text{ m}^3$$

$$V = 0,083 \text{ m}^3$$

$$V_T = V + V_r$$

$$V_T = (0,083 + 0,33) \text{ m}^3$$

$$V_T = 0,413 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura del tanque

$$h = \frac{V_T}{\pi r^2}$$

$\phi = 0,70$ asumido

$r = \phi/2$

$r = 0,35 \text{ m}$

$$h = \frac{0,413 \text{ m}^3}{\pi (0,35 \text{ m})^2}$$

$$h = 1,07 \text{ m}$$

Factor de seguridad = 0,25

$$H_T = h + f_s * h$$

$$H_T = 1,07 + 0,25 * (1,07)$$

$$H_T = 1,33 \text{ m}$$

- **Altura del sustrato**

Para esto se calcula primeramente la variación de altura con respecto al volumen:

$$\Delta H = V_r * h$$

V_r = volumen de entrada

ΔH = variación de altura

h = Altura del tanque

$$\Delta H = 0,4125 \text{ m} * 1,07 \text{ m}$$

$$\Delta H = 0,44 \text{ m}$$

$$h_s = h - \Delta H$$

h_s = altura del sustrato

$$h_s = 1,07 - 0,44 \text{ m}$$

$$h_s = 0,63 \text{ m}$$

- **Cálculo del sistema de agitación**

- **Longitud de la paleta**

La longitud de la paleta se da por la fórmula:

$$L_p = 0,2 * \varnothing$$

Dónde:

\varnothing = diámetro del tanque

L_p = longitud de hélice

$$L_p = 0,2 * (0,70) \text{ m}$$

$$L_p = 0,14 \text{ m}$$

- **Altura de paleta**

$$h_p = 0,1 * \varnothing$$

$$h_p = 0,1 * 0,70 \text{ m}$$

$$h_p = 0,07 \text{ m}$$

- **Altura desde la base al rodete**

$$b = 0,25 * \varnothing$$

$$b = 0,25 * 0,70 \text{ m}$$

$$b = 0,175 \text{ m}$$

- **Longitud del rodete**

$$L_r = h_T - b$$

$$L_r = 1,33 - 0,175 \text{ m}$$

$$L_r = 1,155 \text{ m}$$

- **Diámetro del rodete**

$$\phi_r = \frac{2}{3} \phi_{serpentin}$$

Dónde:

$\phi_{serpentin}$ = diametro del serpentín

$$\phi_r = \frac{2}{3} (0,47 \text{ m})$$

$$\phi_r = 0,31 \text{ m}$$

- **Número de paletas**

Asumiendo la separación entre paletas, el doble de la altura. Con una separación de 0,14 m entre paletas

$$h_{liquido} = 1,07 \text{ m}$$

$$\frac{1,07 \text{ m}}{0,14 \text{ m}} = 7,6 \cong 8 \text{ paletas}$$

- **Diseño del serpentín**

- ✓ **Altura del serpentín**

$$h_{serp} = \frac{1}{5} h_s$$

$$h_{serp} = \frac{1}{5} (0,63 \text{ m})$$

$$h_{serp} = 0,126 \text{ m}$$

✓ **Diámetro de cada anillo**

$$\phi_{serp} = \frac{2}{3} \phi$$

$$\phi_{serp} = \frac{2}{3} (0,70 \text{ m})$$

$$\phi_{serp} = 0,47 \text{ m}$$

• **Número de vueltas de serpentín**

En base a catálogos de serpentines que se comercializan para fines acordes al equipo diseñado, el espacio entre cada anillo es de 3,175 cm y el diámetro con el que cuenta el tubo es de 1,27 cm.

Espacio que ocupa = entre anillo + ϕ del tubo

$$\text{Espacio que ocupa} = 1,27 + 3,175$$

$$\text{Espacio que ocupa} = 4,445 \text{ cm}$$

$$\#_{vueltas} = \frac{h_{serpentín}}{\text{espacio que ocupa}}$$

$$\#_{vueltas} = \frac{12,6 \text{ cm}}{4,445 \text{ cm}}$$

$$\#_{vueltas} = 2,83 \cong 3 \text{ vueltas}$$

• **Cálculo de la longitud de los anillos**

$$r = 0,235 \text{ m}$$

$$L_{anillos} = (2 \pi r) * \#_{vueltas}$$

$$L_{anillos} = 2 \pi (0,235) * 3$$

$$L_{\text{anillos}} = 4,43 \text{ m}$$

- **Cálculo de la longitud del serpentín**

$L_{\text{entrada y salida}} = 0,07 \text{ m}$ asumido

$$L_{\text{serp}} = L_{\text{anillos}} + L_{\text{ent vapor}} + L_{\text{sali cond}}$$

$$L_{\text{serp}} = 4,43 \text{ m} + 0,07 \text{ m} + 0,07 \text{ m}$$

$$L_{\text{serp}} = 4,57 \text{ m}$$

- **Cálculo de la potencia para el sistema de agitación**

- ✓ **Número de Reynolds**

$$NRe = \frac{\emptyset r^2 N \rho}{\mu}$$

Dónde:

$\emptyset r^2 =$ diámetro del rodete = 0,3 m

$N =$ número de rps = 33 rev/min \rightarrow 0,55 rps

$\rho =$ densidad de la mermelada = $2857,14 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

$\mu =$ viscosidad de la mermelada = 0,0856 Pa s

$$NRe = \frac{(0,31 \text{ m})^2 * 0,55 \text{ rps} * 2857,14 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}{0,0856 \text{ Pa s}}$$

$$NRe = 1764,18 \rightarrow 1,7 \times 10^3$$

- ✓ **Cálculo del número de potencia (Np)**

Utilizando diagrama $Np = 3,5$ (anexo B) con el número de Reynolds

✓ **Cálculo de la potencia**

$$P = Np * \rho N^3 \phi_r^5$$

$$P = 3,5 * 2857,14 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (0,55 \text{ rps})^3 * (0,31 \text{ m})^5$$

$$P = 4,8 \text{ hp} \rightarrow 5 \text{ hp}$$

3.2.6.4. *Diseño de la caldera para el sistema de evaporado*

• **Datos experimentales:**

Temperatura de entrada: 17°C

Temperatura de salida: 72 °C

Temperatura promedio: 44.5 °C

Tabla 31-3: Propiedades del agua saturada

T_b (°C)	ρ (Kg/m ³)	C_p (J/Kg°C)	K w(m*K)	μ (Kg/m*s)	ν (m ² /s)	P_r
35	994,0	4178	0,623	0,720x10 ⁻³	0,724x10 ⁻⁶	4,83
40	992,1	4179	0,631	0,653x10 ⁻³	0,658x10 ⁻⁶	4,32
45	990,1	4180	0,637	0,596x10 ⁻³	0,601x10 ⁻⁶	3,91

Fuente: Cengel y Boles, 2012.

• **Gasto volumétrico del agua**

$$\dot{V} = 5 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$\dot{V} = 0,315 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

• **Flujo másico de agua**

$$\dot{m}_{\text{agua}} = \rho * \dot{V}$$

Dónde:

\dot{m}_{agua} = Flujo másico del agua (Kg/s)

ρ = densidad del agua a temperatura promedio (Kg/m³)

\dot{V} = Flujo volumétrico del agua (m³/s)

$$\dot{m}_{agua} = 990,3 \text{Kg/m}^3 * 0,315 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m}_{agua} = 0,3119 \text{ Kg/s}$$

- **Calor suministrado al agua de caldera**

$$\dot{Q} = \dot{m}_{agua} * C_p * \Delta T$$

\dot{Q} = calor suministrado (KW)

C_p = calor específico del agua a 44,5°C ($\frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$) 4179,9

ΔT = variación de temperatura (°T)

$$\dot{Q} = 0,3119 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * 4179,9 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (72 - 17)^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q} = 71704,09 \frac{\text{J}}{\text{s}} \rightarrow 71,704 \text{ Kw}$$

Asumiendo que existe un 10% de calor perdido en los equipos:

$$71,704 \text{ Kw} \rightarrow 100 \%$$

$$X \leftarrow 10 \%$$

$$X = 7,17 \text{ Kw}$$

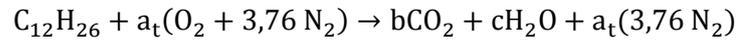
$$\dot{Q} = (71,704 + 7,17) \text{ Kw}$$

$$\dot{Q} = 78,87 \text{ Kw Calor suministrado al agua de caldera}$$

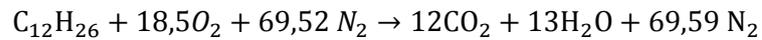
- **Análisis del combustible**

Se utilizará diésel $C_{12}H_{26}$ como en la caldera utilizada en los ensayos de laboratorios

- ✓ **Reacción de combustión del diésel**



Igualando



- ✓ **Relación aire combustible**

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{comb}}$$

El aire seco está compuesto por:

Tabla 32-3: Composición de Aire

20,9 %	O ₂
78,1 %	N ₂
0,9 %	Argón
-	CO ₂
-	He
-	Ne
-	H ₂

Fuente: Cengel y Boles, 2012.

Los compuestos o elementos con cantidades muy pequeñas no se toman en cuenta

$$\frac{0,79}{0,21} = 3,76 \text{ mol } N_2$$

Entonces:

$$1 \text{ Kmol } O_2 + 3,76 \text{ Kmol } N_2 = 4,76 \text{ Kmol Aire}$$

- ✓ **Masa del aire (m_{aire})**

$$m_{aire} = N_{aire} * M_{aire}$$

Dónde:

N_{aire} = número de moles de aire (Kmol)

M_{aire} = peso molecular de aire $\left(\frac{\text{kg}}{\text{Kmol}}\right)$ 29 Kg/kmol

$$m_{\text{aire}} = (18,5 * 4,76 \text{ Kmol}) \left(29 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}}\right)$$

$$m_{\text{aire}} = 2553,74 \text{ Kg}$$

✓ **Masa de combustible (m_{comb})**

$$m_{\text{comb}} = (N_C M_C) + (N_H M_H)$$

Dónde:

N_C = moles del C (12 Kmol)

M_C = peso molecular del C (12 Kg/kmol)

N_H = moles de H (13 Kmol)

M_H = peso molecular del H (2 Kg/kmol)

$$m_{\text{comb}} = (12 \text{ Kmol} * 12 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}}) + (13 \text{ Kmol} * 2 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}})$$

$$m_{\text{comb}} = 170 \text{ Kg}$$

Reemplazando se tiene:

$$AC = \frac{2553,74 \text{ Kg de aire}}{170 \text{ Kg de comb}}$$

$$AC = 15,02 \frac{\text{kg de aire}}{\text{Kg de comb}}$$

- **Flujo másico del combustible**

$$\dot{m}_{\text{comb}} = \frac{\dot{Q}}{n * P_{C_{\text{diesel}}}}$$

Dónde:

n = eficiencia de la caldera (80%)

$P_{C_{\text{diesel}}}$ = poder calorífico del diesel (40201 KJ/Kg)

$$\dot{m}_{\text{comb}} = \frac{78,87 \text{ Kw}}{0,80 * 40201 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}$$

$$\dot{m}_{\text{comb}} = 2,45 \times 10^{-3} \frac{\text{KJ}}{\text{s}}$$

- **Caudal del combustible**

$$\dot{m}_{\text{comb}} = \dot{V}_{\text{diesel}} * \rho_{\text{diesel}}$$

Dónde:

\dot{m}_{comb} = flujo másico del combustible (Kg/s)

\dot{V}_{diesel} = Caudal de combustible (m^3/s)

ρ_{diesel} = densidad del diesel (805 Kg/m^3)

Despejando y reemplazando

$$\dot{V}_{\text{diesel}} = \frac{\dot{m}_{\text{comb}}}{\rho_{\text{diesel}}}$$

$$\dot{V}_{\text{diesel}} = \frac{2,45 \times 10^{-3}}{805 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\dot{V}_{\text{diesel}} = 3,04 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Flujo másico del aire**

$$AC = \frac{\dot{m}_{\text{aire}}}{\dot{m}_{\text{comb}}}$$

$$\dot{m}_{\text{aire}} = AC * \dot{m}_{\text{comb}}$$

$$\dot{m}_{\text{aire}} = 15,02 * (2,45 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}})$$

$$\dot{m}_{\text{aire}} = 0,037 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

- **Temperatura de llama adiabática**

Se considera que el proceso se da en condiciones normales con una combustión de flujo permanente, por lo tanto, la entalpía de los productos es igual a los de reactivos.

$$H_{\text{prod}} = H_{\text{react}}$$

$$\sum N_p (\bar{h}^{\circ}_f + \bar{h} - \bar{h}^{\circ})_p = \sum N_r (\bar{h}^{\circ}_f + \bar{h} - \bar{h}^{\circ})_r$$

Dónde:

Q_{sistema} = Calor perdido desde el sistema (KJ)

H_{prod} = Entalpía total de los productos (KJ)

H_{react} = Entalpía total de los reactivos (KJ)

N_p = Número de moles de los productos (Kmol)

N_r = Números de moles de los reactivos (Kmol)

\bar{h}°_f = Entalpía de formación del componente (KJ)

\bar{h}° = Entalpía del componente (KJ)

$T^{\circ} = 25^{\circ}\text{C} = 298^{\circ}\text{K}$

Tabla 33-3: Valores de entalpías de los productos y reactantes de la combustión.

Sustancias	\bar{h}_f° KJ/kmol	$\bar{h}^\circ_{298^\circ K}$ KJ/kmol
$C_{12}H_{26}$	-291010	----
O_2	0	8682
N_2	0	8669
CO_2	-393520	9364
H_2O	-241820	9904

Fuente: Paredes Terán, 2012.

Reemplazando se tiene:

$$\begin{aligned}
 & (12 \text{ Kmol } CO_2) \left[(-393520 + \bar{h}_{CO_2} - 9364) \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } CO_2} \right] + (13 \text{ Kmol } H_2O) \\
 & \left[-241820 + \bar{h}_{H_2O} - 9904 \right] \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } H_2O} + (69,56 \text{ Kmol } N_2 \left[0 + \bar{h}_{N_2} - 8669 \right] \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } N_2} \\
 & = (2 \text{ Kmol } C_{12}H_{26}) \left(-291010 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } C_{12}H_{26}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & [-4722240 \text{ KJ } CO_2 + 12\bar{h}_{CO_2} - 112368 \text{ KJ } CO_2] \\
 & + [-3143660 \text{ KJ } H_2O + 13\bar{h}_{H_2O} - 128752 \text{ KJ } H_2O] + [0 + 69,56\bar{h}_{N_2} - 603015,64 \text{ KJ } N_2] \\
 & = -291010 \text{ KJ } C_{12}H_{26}
 \end{aligned}$$

$$12\bar{h}_{CO_2} + 13\bar{h}_{H_2O} + 69,56\bar{h}_{N_2} = 8419025,64 \text{ KJ}$$

$$\bar{h} = h(T) \text{ para gaseses ideales}$$

$$\frac{8419025,64 \text{ KJ}}{(12 + 13 + 69,56) \text{ Kmol}} = 89033,68 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$$

Entalpia aproximada de productos (89033,68 KJ/Kmol)

- Para el CO_2

$$89033,68 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$$

$$94,56 \text{ mol} \rightarrow 100$$

$$12 \rightarrow x$$

$$x = 12,69 \text{ CO}_2$$

$$89033,68 \rightarrow 100$$

$$11298,69 \leftarrow 12,69$$

$$\bar{h} \ 11298,69 = 348,66 \text{ T}^\circ \text{K}$$

- Para el H_2O

$$89033,68 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}} =$$

$$94,56 \text{ mol} \rightarrow 100$$

$$13 \text{ mol} \rightarrow x$$

$$x = 13,74 \%$$

$$89033,68 \rightarrow 100 \%$$

$$X \leftarrow 13,74 \%$$

$$x = 12240,24$$

$$\bar{h} = 12240,24 \rightarrow 367,32 \text{ T}^\circ \text{K}$$

- Para el N_2

$$89033,68 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}} =$$

$$94,56 \text{ mol} \rightarrow 100$$

$$69,56 \rightarrow x$$

$$x = 73,57 \%$$

$$89033,68 \rightarrow 100 \%$$

$$X \leftarrow 73,57 \%$$

$$x = 1914,63^\circ \text{K } T_{comb}$$

$$\bar{h} = 65502,07 \rightarrow 2019,20 \text{ T}^\circ \text{K}$$

$$\text{Total} = 2735,18$$

Remplazando $\bar{h} = h(T)$

Tabla 34-3: Valores de entalpías de los productos y reactantes de la combustión.

Sustancia	\bar{h} KJ/Kmol	T Prod °K
CO_2	11298,69	348,66
H_2O	11240,24	367,32
N_2	65502,07	2019,20
	$\Sigma = 88041$	$\Sigma = 2735,18$

Realizado por: MARZANO Silvia, 2018.

$$T^\circ \text{ de productos} = 2735,18^\circ\text{K} \rightarrow 2462,03^\circ\text{C}$$

- **Temperatura real de combustión**

Se considera que la temperatura real de la combustión esta entre el 65 y 80 % de la T° adiabática de la llama, por ende tomamos un 75%:

$$2735,18 \rightarrow 100 \%$$

$$X \leftarrow 75 \%$$

$$x = 2051,39^\circ\text{K } T_{comb}$$

- **Caudal volumétrico**

$$\dot{m}_{combust} = 2,45 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ L}}{0,805 \text{ Kg}} * \frac{1 \text{ G}}{3,785 \text{ L}} * \frac{3600}{1 \text{ h}} = 2,9 \text{ GPH}$$

- **Diseño del tubo de hogar**

$$D = 0,17 B^{1/3,5}$$

$$L = 0,2 B^{1/2}$$

Dónde:

B = consumo de combustible (Kg/h)

D = diámetro de la llama (m)

L = longitud de llama (m)

$$B = 2,45 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * \frac{3600}{1 \text{ h}} = 8,82 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$D = 0,17 \left(8,82 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right)^{1/3,5}$$

$$D = 0,32 \text{ m}$$

$$L = 0,2 \left(8,82 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right)^{1/2}$$

$$L = 0,59 \text{ m}$$

Tabla 35-3: Dimensiones de cámara de combustión según ángulo de rocío

Nozzle Size or rating (GPH)	Spray Angle	Square or rectangular Combustion Chamber				Round Chamber (Diameter in Inches)
					C	
		L Length (In.)	W Width (In.)	H Height (In.)	Nozzle Height (In.)	
0,50 – 0,65	80°	8	8	11	4	9
	60°	10	8	12	4	*
0,75 – 0,85	80°	9	9	13	5	10
	45°	14	7	12	4	*
	60°	11	9	13	5	*
1,00 – 1,10	80°	10	10	14	6	11
	45°	15	8	11	5	*
	60°	12	10	14	6	*
1,25 – 1,35	80°	11	11	15	7	12
	45°	16	10	12	6	*
	60°	13	11	14	7	*
1,50 – 1,65	80°	12	12	15	7	12
	45°	18	11	14	6	*
	60°	15	12	15	7	*
1,75 – 2,00	80°	14	13	16	8	15
	45°	18	12	14	7	*
	60°	17	13	15	8	*
2,25 – 2,50	80°	15	14	16	8	16
	45°	20	13	15	7	*
	60°	19	14	17	8	*
3.0	80°	18	16	18	9	17

Fuente: Paredes Terán, 2012.

Tomando en cuenta un diseño de boquilla un ángulo de 45° y 3 GPH según tabla anterior

Tabla 36-3: Dimensiones de cámara de combustión considerando un ángulo de rocío de 60°

Parámetro	Valor	Unidad
Longitud	20	Pulg
Anchura	13	Pulg
Altura	15	Pulg
Altura de boquilla	7	Pulg

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

- **Diseño de la cámara trasera del hogar**

Según la producción de vapor se obtiene el diámetro y longitud de la cámara de hogar

$$\text{Producción de vapor de } 0,3119 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 1122,84 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Tabla 37-3: Dimensionamiento de Cámara Hogar

Producción de Vapor Kg/h	Diámetro Cámara Hogar Mm	Longitud de la Cámara mm
$P \leq 1000$	1,58 * D	400
$1000 < P \leq 5000$	1,52 * D	500
$5000 < P \leq 10000$	1,48 * D	550
$P > 10000$	1,46 * D	600

Fuente: Paredes Terán, 2012.

Entre $1000 < P \leq 5000 \rightarrow$ diámetro cámara hogar (mm)

$$= 1,52 * D$$

$$D_{CH} = 1,52 * (320 \text{ mm}) = 486,4 \text{ mm}$$

Para este valor se debe considerar una longitud de 500 mm

Los tubos de acero para la caldera se propone hacerlo en material ASTM A-53 6 B, ya que se utilizan para conducción de fluidos y gases en varias industrias, los mismos que ya tienen establecidos los parámetros como el diámetro externo $D_t = 0,0483$ m

- **Diseño de la estructura**

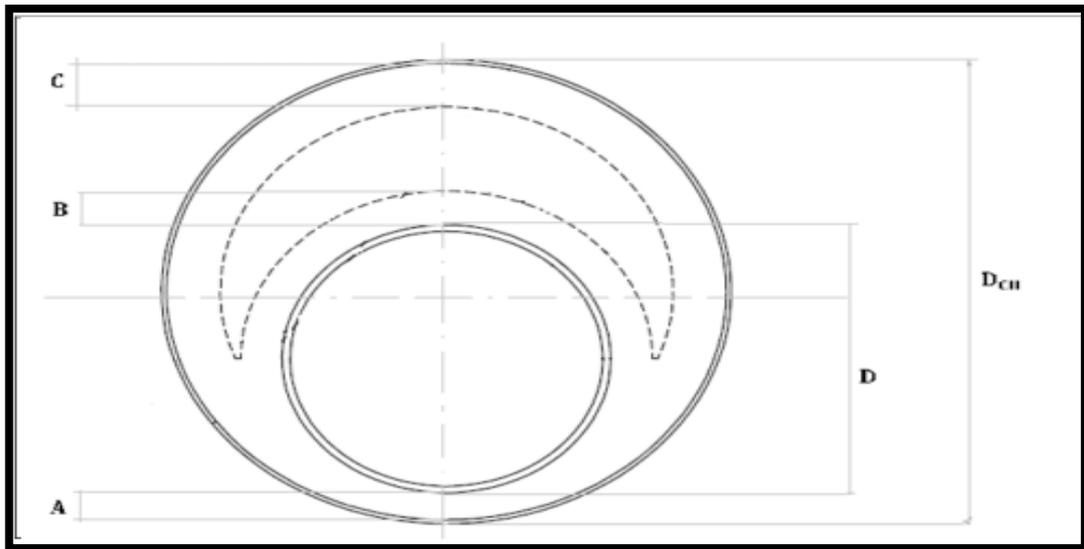


Figura 2-3: Placa Tubular de la cámara trasera del hogar

Fuente: Paredes Terán, 2012.

Se calcula el valor de C con la siguiente fórmula, donde según bibliografía el valor de A es igual a 40 mm:

$$A = 40 \text{ mm} \rightarrow 0,04 \text{ m}$$

$$C = A + \frac{D_t}{2} \text{ mm}$$

$$C = 40 + \frac{48,3}{2}$$

$$C = 64,15 \text{ mm} \rightarrow 0,064 \text{ m}$$

El valor de B se toma de normas de construcción UNE 9300.3 es de 50 mm - 100 mm tomando en cuenta el valor mínimo (50 mm):

- **Distribución de tubos**

$$d_1 = 0,125 D_t + 12,5$$

$$d_1 = 0,125 (48,3) + 12,5$$

$$d_1 = 18,5 \text{ mm}$$

Factor de seguridad 70 mm

$$D_e = D_i + 70 \text{ mm}$$

$$D_e = 0,471 \text{ m} + 0,07 \text{ m}$$

$$D_e = 0,541 \text{ m}$$

- **Potencia de la caldera**

$$P_u(\text{Kw}) = 0,001163 * \Delta T * t * Q_w$$

Dónde:

ΔT = Variación de temperatura de vapor de entrada y agua de salida

t = tiempo de operación en minutos

Q_w = Caudal del agua que circula por el calentador

$$Q_w = 0,315 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 18,9 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$P_u(\text{Kw}) = 0,001163 * (72 - 17)^\circ\text{C} * 60 \text{ min} * 18,9 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$P_u(\text{Kw}) = 72,45 \text{ KW}$$

3.2.7. Resultados

3.2.7.1. Resultados de la validación del producto

Para determinar el mejor proceso productivo como se señaló en los epígrafes anteriores se realizó las pruebas asertivas del producto, ya que con esto nos permitirá conocer el comportamiento del posible mercado del producto y que aceptación tendrán al momento de realizar la venta.

Las mejores respuestas fueron reportadas por la formulación 1835, en cuanto color, olor, sabor, consistencia y aceptación, resultando así que los componentes que se adicionaron al producto lograron una mezcla perfecta para mejorar las condiciones del mucílago, en base a esto se realizaron las pruebas de laboratorio y el análisis de los diferentes componentes del producto con el fin de obtener el producto de más alta calidad.

Al igual que en la caracterización de la materia prima, se realizó un análisis proximal del producto final y un análisis microbiológico, mismo que exige estar dentro de los parámetros de la norma NTE 2825 para mermeladas, confituras y jaleas. Los resultados de la misma se muestran a continuación:

Tabla 38-3: Resultados Fisicoquímicos de mermelada de mucilago de cacao

Parámetro	Método	Unidad	Resultado
Sólidos totales	PE06-5.4-FQ AOAC Ed 20, 2061	%	68,01
Ph	AOAC 942.15 Ed 20, 2016	Unidades de Ph	3,25
Sólidos solubles	AOAC 932.15 Ed 20, 2016/ INEN 380	%	65,00
Fibra dietética total	AOAC 985.29. Ed 20, 2016	%	8,25
Proteína	AOAC 9290.151. Ed 20, 2016	% (N*6,25)	5,45
Azúcares totales	AOAC 925.26	%	62,45
Azúcares reductores	AOAC 925.36	%	11,25
Humedad	AOAC 925.10	%	0,75
Consistencia	INEN 1899: 1998	--	Semifluido

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, UTA.
Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 39-3: Resultados Microbiológicos de mermelada de mucilago de cacao

Parámetro	Método	Unidad	Resultado
Aerobios totales	Estándar Methods: 9215 D	UFC/g	<10
Mohos	Estándar Methods: 9215 D	UFC/g	<10
Levaduras	Estándar Methods: 9215 D	UFC/g	<10
Recuento de Anaerobios	Anaerobic Brewed	Presencia/ausencia	No presencia

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, UTA.
Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Como podemos observar los resultados de los análisis del producto son adecuados y se encuentran dentro de los rangos que exige la norma en la que se basa la validación de este proyecto, es así que el producto y la formulación obtenida dentro del proceso es correcto para el consumo humano sin riesgo de ningún tipo.

Además, del sabor del producto, la determinación de fibra, proteína y azúcares demuestran la aportación de varios beneficios del producto para los consumidores.

3.2.7.2. Propuesta de diseño de equipos

A continuación, se muestran los valores de las dimensiones obtenidas en cada una de los equipos que intervienen en el proceso de elaboración de mermelada a base de mucílago de cacao:

Tabla 40-3: Resultados dimensionamiento mesa de selección, lavado, cortado y desvenado

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
MESAS DE SELECCIÓN, LAVADO, CORTADO Y DESVENADO		
Medida	Valor	Unidades
Volumen	0.45 \cong 0,5	m ³
Longitud	2	m
Ancho	0,9	m
Altura cajón	0.25	m
Altura total	0.90	m
Material	Acero inoxidable	-

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 41-3: Resultados dimensionamiento despulpadora de mucílago de cacao

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
TOLVA DE ALIMENTACION		
Medida	Valor	Unidades
Volumen	0,63	m ³
Dimensiones A₁	0,8 x 0,6	m
Dimensiones A₂	0,4 x 0,6	m
CAMARA DESPULPADORA		
Longitud	1,20	m
Diámetro	1,08	m
TANQUE TAMIZ		
Longitud	1,164	m
Diámetro	0,756	m
Luz de malla	1 \pm 0,05	mm

SISTEMA DE DESPULPADO		
Radio rotor	0,28	m
Velocidad de rotación	3304	Rpm
Potencia de motor	1	Hp

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 42-3: Resultados dimensionamiento evaporador

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
TANQUE EVAPORADOR		
Medida	Valor	Unidades
Volumen	0,413	m ³
Diámetro	0,7	m
Altura	1,33	m
SISTEMA DE AGITACIÓN		
Longitud paleta	0,14	m
Altura paleta	0,07	m
Altura desde la base al rodete	0,175	m
Longitud del rodete	1.155	m
Diámetro del rodete	0,07	m
Numero de paletas	8	--
Potencia motor	5	Hp
SERPENTIN		
Altura	0,126	m
Diámetro	0,47	m
Numero de vueltas	3	--
Longitud total	4,57	m

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 43-3: Resultados diseño caldera

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
CONDICIONES		
Medida	Valor	Unidades
Flujo volumétrico de agua	$0,315 \times 10^{-3}$	m ³ /s
Combustible utilizado	Diésel	--
Flujo volumétrico de combustible	$3,04 \times 10^{-6}$	m ³ /s
TUBO HOGAR		
Longitud	0,59	m
Diámetro	0,32	m
CAMARA DE COMBUSTIÓN		
Longitud	20	pulg

Ancho	13	pulg
Altura	15	pulg
Altura boquilla	7	pulg
CAMARA TRASERA HOGAR		
Longitud	500	mm
Diámetro	486,4	mm
ESTRUCTURA		
*A	40	mm
*B	50	mm
*C	64,15	mm
Distribución de tubos	18,5	mm
Diámetro externo	0,541	m

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

3.2.8. Proceso de producción

3.2.8.1. Materia prima e insumos

La materia prima e insumos utilizados por cada lote de producción de 200 Kg de la mermelada de mucilago de cacao se muestran en las siguientes tablas con su cantidad necesaria:

Tabla 44-3: Materia prima para producción

MATERIA PRIMA	CANTIDAD
Cacao	285,71 Kg – 4227 unidades

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 45-3: Insumos para producción

INSUMOS	CANTIDAD
Azúcar	94,59 Kg
Pectina	3,83 Kg
Ácido cítrico	0,17 Kg
Sorbato de potasio	0,037 Kg

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

3.2.8.2. Diagrama del proceso

El diagrama de procesos que se dará en la producción del producto por cada lote se muestra a continuación:

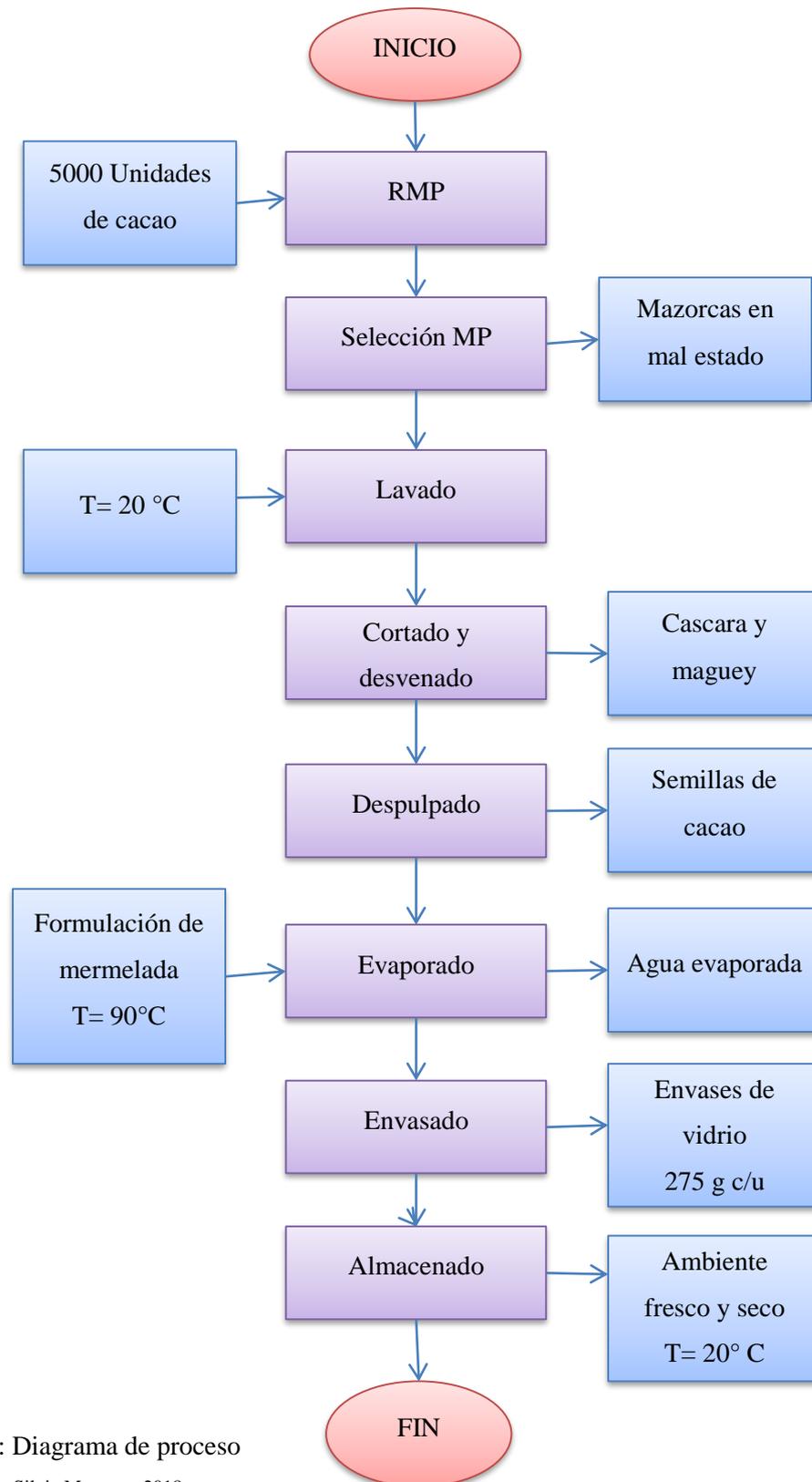


Figura 3-3: Diagrama de proceso

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

3.2.8.3. Distribución y diseño de la planta

El proceso diseñado para la elaboración de cada lote de mermelada de mucílago de cacao, están basados en medidas arbitrarias que se encuentran dentro de un área de implementación que el GAD municipal del Cantón Shushufindi tiene disponible para implementar este proyecto, mismo que cuenta con un área aproximada de 180 m² (12 m x15 m).

Puesto que la planta será una de las primeras implementadas con este fin, debe contar con diversas áreas a parte del área de producción en donde se realiza el producto. A continuación se describen de manera breve cada una de ellas:

- **Área de recepción de materia prima:** Esta área está dispuesta con la finalidad de recibir las mazorcas de cacao que vienen de los proveedores, antes de ingresar al área de producción con la primera operación de selección de la misma.
- **Área de control de la producción:** Como en toda empresa se debe contar con un área de control de la producción para cerciorarse que el proceso diseñado sea adecuado en todo momento para evitar fallas en el producto final.
- **Área de producción:** En esta área es donde se realiza todas las operaciones necesarias y diseñadas para la obtención de la mermelada de mucilago de cacao, pues incluyen operaciones como la selección, lavado, cortado y desvenado de la materia prima, además del despulpado, y evaporado.
- **Área de envasado y almacenamiento:** Es necesario que se disponga un área exclusiva para el envasado y almacenamiento del producto, pues lo ideal es que los envases sean de vidrio y sean esterilizados antes de llenar con el producto, de igual forma el almacenamiento es recomendable se realice en un lugar fresco y seco.
- **Área de esparcimiento:** A demás de las áreas de producción y demás, dispuestas para la elaboración de la mermelada de mucilago, es necesario contar con un espacio adecuado para el descanso de los operadores en especial cuando se llegue a la hora de almuerzo.

3.2.8.4. Capacidad de Producción

En este ítem se describe como se dará la producción de la mermelada de mucílago a nivel industrial, tomando en cuenta que por cada lote de producción se obtendrá 200 Kg de producto, considerando que se tome un día de trabajo realizar todas las operaciones predispuestas en el proceso diseñado:

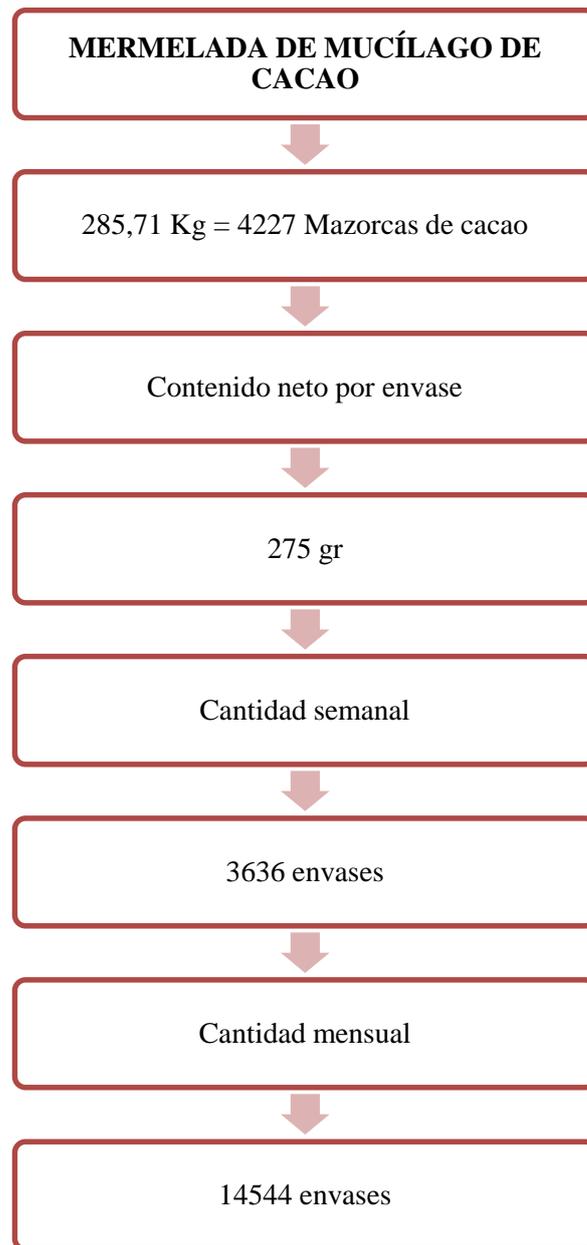


Figura 4-3: Capacidad de producción de planta

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

3.3 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

3.3.1. Requerimientos de Equipos

Para poder implementarse el proceso diseñado para la obtención de mermelada de mucílago de cacao se debe contar con la disponibilidad de equipos necesarios para cada una de las operaciones, mismas que se especifican en la tabla a continuación:

Tabla 46-3: Requerimientos para proceso de elaboración de mermelada de mucílago de cacao

SISTEMA / COMPONENTE	TECNOLOGÍA/EQUIPO/M AQUINARIA	DESCRIPCIÓN
Selección, Lavado, Cortado y desvenado de la materia prima	Mesas rectangulares	Las mesas predispuestas para estas operaciones son rectangulares con una altura ideal de cumplimiento con la ergonomía de los trabajadores, realizadas en acero inoxidable.
Despulpado	Despulpador horizontal	La obtención del mucílago de cacao se realiza por medio de la despulpadora horizontal, con esto se evita pérdidas de materia prima.
Evaporado	Evaporador de serpentín	Esta operación es la más importante del proceso, pues aquí es donde se obtiene la concentración de la materia prima y los insumos adecuados para la obtención de la mermelada.
Envasado	Envasadora automática	Este equipo es necesario para dosificar de manera automática el peso adecuado de producto en los envases de 275 gr, para los cuales se ha considerado este proyecto.
Generación de vapor	Caldera	El vapor necesario para calentar la mezcla del evaporador es suministrado por la caldera a diésel, misma que se ha considerado a diferencia de la caldera eléctrica, pues los valores de recursos energéticos son más costosos que el combustible diésel con el que funciona la caldera.
Transporte de agua y vapor	Tuberías PVC y cobre y bombas de presión	Para el transporte del agua potable y el vapor se considera utilizar tuberías acorde al uso, como tuberías de cobre para el vapor y de PVC para el agua que se suministrará en todo el proceso y demás áreas de producción.
Pesaje materia prima	Balanza mecánica	Este componente del proceso es fundamental para poder realizar el pesaje de cada uno de los componentes necesarios en la formulación del producto final.

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

3.3.2. Requerimientos para el funcionamiento de la planta

Tabla 47-3: Requerimientos para la obtención del producto

NECESIDAD	MATERIAL
Materia prima	Cacao en mazorcas o solo el mucílago.
Insumos	Pectina, Ac. Cítrico, Sorbato de potasio y Azúcar común.
Otros	Envases, etiquetas

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

3.4 Análisis de Costo/beneficio del proyecto

3.4.1. Presupuesto

A continuación se muestra los costos de equipos y materiales necesarios para la implementación de la planta de elaboración de mermelada de mucílago de cacao:

Tabla 48-3: Costos para la implementación del proceso de mermelada de mucílago de cacao.

COSTOS PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROCESO DE MERMELADA DE MUCÍLAGO DE CACAO			
MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
EQUIPOS Y MAQUINARIA			
Mesas rectangulares	3	\$1500	\$4500
Despulpadora	1	\$4500	\$4500
Evaporador	1	\$2500	\$2500
Caldera	1	\$7500	\$7500
Envasadora	1	\$1900	\$1900
Varios	1	\$1300	\$1300
Bombas de transporte de agua	1	\$60	\$60
Subtotal			\$22 260
INFRAESTRUCTURA E IMPLEMENTACION DE PLANTA			
Infraestructura	1	\$125000	\$125000
Mano de obra en adecuación e instalaciones	1	\$4500	\$4500
Adecuaciones de instalación	1	\$3600	\$3600
Subtotal			\$133 100
TOTAL			\$155 360

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

La estimación de costo de la materia prima necesaria se obtiene de la capacidad de producción mensual, por ende para un mes se necesita alrededor de 23 209 Kg de semillas frescas con mucílago y los demás insumos mensuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 49-3: Costos de materia prima e insumos

COSTOS DE MATERIA PRIMA E INSUMOS				
MATERIA PRIMA	CANTIDAD	UNIDADES	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Semillas de Cacao	23 209	Kg	\$0,88	\$20 423,92
Subtotal				\$20 423,92
INSUMOS	CANTIDAD	UNIDADES	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Azúcar	1897.8	Kg	\$1.00	\$1897,8
Ac. Cítrico	3,4	Kg	\$1.60	\$5,44
Pectina	76,6	Kg	\$24.00	\$1838,4
Sorbato de potasio	0,74	Kg	\$22,25	\$16,47
Subtotal				\$3758,11
TOTAL				\$24,182,03

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Es necesario tomar en cuenta que el personal encargado de cada una de las operaciones claves, sobre todo en la selección, cortado y desvenado y lavado de la mazorca. Además los operarios es necesario que exista un jefe de producción que controle la labor de los operarios durante el proceso:

Tabla 50-3: Costos de mano de obra

COSTOS DE MANO DE OBRA			
PERSONAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Operarios	4	\$380	\$1520
Técnicos	1	\$600	\$600
Subtotal			\$2120
TOTAL			\$2120

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Es necesario tomar en cuenta el costo de la energía que conlleva la utilización de los equipos y maquinarias que forman parte del proceso de elaboración de la mermelada, costos que se detallan a continuación:

Tabla 51-3: Costos de requerimientos energéticos

COSTOS DE REQUERIMIENTOS ENERGETICOS			
DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Energía	Kw/mes	0.02/Kwh	\$500
Agua potable	m ³ /mes	0.35/ m ³	\$100
Subtotal			\$600
TOTAL			\$600

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 52-3: Costos totales de implementación del proceso

COSTOS TOTALES DE IMPLEMENTACION	
DETALLE	COSTO TOTAL
Costos de implementación	\$155 360,00
Costos de materia prima e insumos	\$24182,03
Costos de mano de obra	\$2120,00
Requerimientos energéticos	\$600,00
TOTAL	\$182 262,03

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Tabla 53-3: Costos de producción mensual

COSTOS TOTALES DE IMPLEMENTACION	
DETALLE	COSTO TOTAL
Costos de materia prima e insumos	\$24182,03
Costos de mano de obra	\$2120,00
Requerimientos energéticos	\$600,00
TOTAL	\$26902.03

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

Para producir mensualmente los 14544 frascos de mermelada de mucílago de cacao de un peso de 275 gr de producto cada uno se necesitan un total de \$26902.03.

El costo para producir cada frasco es de \$1,85, tomando en cuenta que si se vende cada envase a \$2.50, basándose en los costos de mermeladas comerciales que se comercializan en el mercado, se producirían \$36 360 mensual, valor que si se resta de lo producido en cada mes generará una ganancia de \$9457,97 mensual.

Tabla 54-3: Costos de producción

Cantidad de mermelada (Kg)	Peso por cada envase (g)	Cantidad de producción mensual (frascos)	Costo unitario por frasco(\$)	Total de ingresos (\$)
316000	275	14544	\$2,50	\$36 360
INGRESOS				
Semanal		Mensual		Anual
\$9090		\$36 360		\$436 320
EGRESOS				
Semanal		Mensual		Anual
\$6725,51		\$26902.03		\$322824.36
TOTAL GANANCIAS				
Semanal		Mensual		Anual
\$2364,49		\$9457,97		\$113 495.64

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

3.4.2. Análisis costo-beneficio

Se ha planificado que las ganancias obtenidas en función a la producción de mermelada de mucílago de cacao, sean obtenidas al producir 1 lote por cada día, trabajando los 5 días a la semana de lunes a viernes, mismo que producirá de manera mensual un total de 14544 unidades de mermeladas con una presentación de 275 gr. Si la comercialización de cada frasco es de \$2,50, la ganancia anual, como se observa en la tabla anterior es de \$113 495.64, así pues, si el costo de la inversión total asciende a los **\$182 262,03**, se puede asegurar que trabajando a este ritmo, la inversión total se recuperaría en menos de 2 años y a partir de ahí generar ganancias para el GAD Municipio del Cantón Shushufindi.

3.5 Cronograma de ejecución del proyecto.

ACTIVIDAD	TIEMPO																							
	1° mes				2° mes				3° mes				4° mes				5° mes				6° mes			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica																								
Elaboración anteproyecto																								
Presentación y aprobación anteproyecto																								
Establecer el procedimiento, las operaciones, y equipos para el proceso de obtención de mermelada de mucilago de cacao																								
Realizar la simulación a escala de laboratorio para la obtención de formulación y variables de proceso																								
Realizar los cálculos ingenieriles para el dimensionamiento de los equipos que intervienen en el proceso																								
Elaboración de borrador de tesis																								
Corrección borrador de tesis																								
Tipiado del trabajo final																								
Empastado y presentación del trabajo final																								
Defensa del trabajo																								

Realizado por: Silvia Marzano, 2018

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La elaboración del proyecto de tipo técnico con título: “Diseño de un proceso industrial para la obtención de mermelada a partir del mucílago del cacao, para el GAD Municipal del Cantón Shushufindi.” Esta realizado en base a las necesidades y facilidades que brinda el GAD Municipal del Cantón que requirió este proceso.

Para la realización de este trabajo de titulación se empezó con la obtención de la formulación de la mermelada a base de mucílago de cacao a escala de laboratorio, en la que se varió de manera leve la composición de la formulación base. Se desarrollaron tres formulaciones: una base solo con la fruta y los insumos, la segunda en la que se adicionó una parte de maguey de cacao y la tercera en la que se añadió aroma a cacao. La elección de la formulación se realizó en base a métodos estadísticos (Kruskall Wallis) con ayuda de la aplicación de encuestas a un grupo de personas que eligieron el código de la formulación que más gustó, evaluando de manera conjunta los parámetros establecidos en las formulaciones desarrolladas, como el olor, color, sabor y consistencia.

Luego de la obtención de la formulación se realizó la simulación a escala de laboratorio para la obtención de los datos y variables que incluyen en el proceso, además de determinar las operaciones que deben ser necesariamente incluidas en el proceso de obtención del producto. Las operaciones que incluyen la obtención de la mermelada de mucílago de cacao son: Selección de materia prima, lavado, cortado y desvenado, despulpado y evaporado, además del envasado y almacenado. La obtención de datos se realizó desde la recepción de la materia prima con el cacao en mazorca, pues es necesario tener la información adecuada de obtención del mucílago para la elaboración de la mermelada.

Al obtener la mermelada de mucílago de cacao con la formulación y el proceso diseñado se realizó la validación del proyecto mediante la caracterización físico-química y microbiológica del producto obtenido, para asegurar que los pasos y consideraciones tomadas son correctas para que la mermelada de mucílago de cacao es apta para el consumo humano y su debida comercialización, además se realizó un análisis de fibra, proteína y azúcares para demostrar que el producto contiene beneficios adicionales a las mermeladas comunes que ya se encuentran en el mercado. Los resultados obtenidos dentro de la caracterización físico química, el más importante es el de los sólidos solubles (°Brix) mismos que determina la norma de validación de este proyecto (Norma NTE 2825) sean mayores a 60 %, lo cual concuerda al contar con un valor de 65%. De igual forma los valores obtenidos de fibra (8,25%), proteína (5,45 %) y azúcares totales (62,45%) son adecuados para que cuente con un valor agregado. Los resultados

del análisis microbiológico de Aerobios totales, Mohos y Levaduras de igual forma son correctos según se esperaba.

Para seguir con la realización de este proyecto, se realizó los cálculos ingenieriles de los equipos que se necesitan incluir en el proceso a escala industrial, como las mesas de selección, lavado, cortado y desvenado, la despulpadora, el evaporador donde se realizará el producto y la caldera que suministrará el vapor para calentar la mezcla del evaporador. Todos los equipos diseñados deben ser de acero inoxidable ya que se trabaja con materias primas y productos alimenticios, además de ser un material resistente a la corrosión y más económico con respecto a otros presentes en el mercado. Es importante indicar que la despulpadora seleccionada se realizó en base a industrias que se dedican a obtener el mucilago del cacao para realizar, además de mermeladas, otros productos como jaleas. El evaporador es un tanque predispuesto con un serpentín, mismo que es más efectivo por contar con una exposición directa del calor con la mezcla de fruta e insumos, además está dispuesto con un sistema de agitación adecuado para contar con una operación más eficiente. El calor suministrado al evaporador se obtiene del vapor generado por una caldera que está diseñada para funcionar con diésel, misma que fue elegida por su menor costo de operación con respecto a calderas eléctricas, pues al contar con otros equipos que necesitan de energía eléctrica el valor de este recurso seria mayor.

Para culminar con la realización de este proyecto se consideró un breve estudio de los costos de implementación totales del mismo, pues luego de realizar una cotización en el mercado de los equipos a utilizarse, la infraestructura y su adecuación, los recursos de mano de obra, los recursos de energía y agua potable y por ultimo considerando los costos de materia prima e insumos utilizados para el primer mes de operación, el costo de inversión inicial asciende a los \$182 262,03. La recuperación de este valor de inversión se dará en un plazo no mayor a los dos años, si la producción de cada lote de 200 kg de mermelada es realizada en un día, trabajando los 5 días a la semana. A partir de este periodo se podrán alcanzar ganancias anuales de \$113495.64. La presentación del producto se considera de 275 gr con un costo unitario de \$2,50 al mercado, de los cuales se producirán de manera mensual un total de 14544 frascos de esta presentación. Estos valores demuestran que a pesar de contar con una inversión inicial algo elevada el proyecto es viable económicamente con la recuperación de la inversión en menos de dos años y generando ganancias anuales de \$113495.64.

CONCLUSIONES

- La caracterización Físico-químico, microbiológica y sensorial de la materia prima en base a la norma NTE INEN 176:2006, determinó; humedad de 80,5%, sólidos solubles de 17,2° Brix y pH de 3,44, que son parámetros básicos para determinar que insumos y en qué cantidad aproximada son necesarios para la elaboración de una mermelada de mucílago de cacao adecuada.
- La determinación de la formulación de mermelada más idónea, se obtuvo aplicando métodos estadísticos con la aplicación de encuestas a un grupo de personas, donde el mayor porcentaje de preferencia es del 46,86% con respecto a las diferentes formulaciones, de igual forma se evaluó cada una de los parámetros establecidos en las formulaciones desarrolladas, como el olor, color, sabor y consistencia.
- Se identificó las variables más importantes del proceso, las operaciones y los parámetros óptimos para la elaboración de mermelada a partir del mucílago del cacao, que fue el proceso de evaporado y en ella se debe controlar la temperatura (85-90 °C) con la que se lleva la concentración de la mezcla de mucílago y los insumos necesarios para obtener el producto.
- Se realizó los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento de los equipos que intervienen en el proceso, que incluyen las mesas de selección de materia prima, lavado, cortado y desvenado, la despulpadora, el evaporador y la caldera para suministrar el calor necesario al evaporador. El dimensionamiento y disposición de los equipos se realizó en base a los requerimientos y facilidades que brinda el GAD Municipal del Cantón Shushufindi con un área de terreno establecida para la implementación de este proyecto de 180 m².
- La validación del proceso se lo realizo con la determinación de la calidad del producto en base a la norma NTE INEN 2825, la cual solo especifica la cantidad de sólidos solubles (65° Brix) y como información nutricional tenemos; fibra, proteína y azúcares totales. Además se realizó los análisis microbiológicos como; la presencia de aerobios totales, recuentos aerobios, mohos y levaduras que dan valores adecuados para el consumo humanos sin provocar daños.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable que se controle de manera especial la temperatura de la operación de evaporado en 90°C para evitar la concentración excesiva de la mermelada y aumenta la consistencia solida de la misma.
- Realizar un estudio de la posible utilización de la cascara de cacao para futuros proyectos de aprovechamiento de desechos de este tipo.
- Realizar capacitaciones a los operarios encargados de la selección de la materia prima para evitar desperdicios innecesarios.
- Luego de la operación del despulpado de las semillas del cacao es necesario realizar de manera inmediata la operación del evaporado para evitar pardeamiento del mucílago de cacao obtenido.

BIBLIOGRAFIA

Codex STAN 80-1981 "Norma del Codex para Mermelada de Agrios". *Criterios Esenciales de Composición y Calidad*.

Classen. *High molecular weight acidic polysaccharides from Malva sylvestris and Alcea rosea*. New Jersey : Planta Med, 2008. ISBN. 2008

ESPOCH, "Escuela Superior Politécnica De Chimborazo". *Condiciones Experimentales del cantón Rlobamba. Estación Agrometeorológica de la Facultad de Recursos Naturales. 2017*. 2017, ESPOCH DIGITAL, págs. 5-7.

Estrella, Yadira Arteaga. ECA SINERGIA. *ESTUDIO DEL DESPERDICIO DEL MUCILAGO DE CACAO EN EL CANTÓN NARANJAL (PROVINCIA DEL GUAYAS)*. [En línea] 14 de 14 Octubre de 2013. <http://186.46.160.238/index.php/ECASinergia/article/view/149>.

Fernández. *Randomized clinical trial of Plantago ovata seeds (dietary fiber) as compared with mesalamine in maintaining remission in ulcerative colitis*. Barcelona : GETECU, 2004. ISBN.

Gadms. "GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN DE SHUSHUFINDI" **2018**. [En línea] 26 de ABRIL de 2018. <http://shushufindi.gob.ec/portal/>.

Inen, NTE. 0176. 2006. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *CACAO EN GRANO. REQUISITOS.* .

Inen NTE 1 529-2:99. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1 529-2:99.*

Francisco Hernández, Briz Vilanova. 2017. MERMELADAS DE FRUTAS . *MINISTERIO DE AGRICULTURA*. [En línea] 02 de MAYO de 2017. http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1969_04.pdf.

Lama. *Eco fisiología del Cultivo de Cacao*. Lima : Tingo Maria , 2003. ISSN.

Paredes. *Paquete Tecnológico del Cultivo de Cacao en la Región Alto Huallaga*. Lima : NA, 2000. ISSN.

Quiroz. *Programa de capacitación en la cadena de cacao.* Quito : SN, 2006.

Restrepo. *Agricultura Orgánica.* Cali : SN, 2010. ISBN.

Suquilanda. *Alternativa tecnológica del futuro.* Quito : SN, 2006. ISSN.

Todd. *Guar gum. A review of its pharmacological properties, and use as a dietary adjunct in hypercholesterolaemia.* San Francisco : Drugs, 2002. ISSN.

Vallejos Christian. *UTILIZACIÓN DEL MUCÍLAGO DE CACAO, TIPO NACIONAL Y TRINITARIO, EN LA OBTENCIÓN DE JALEA* REVISTA ESPAMCIENCIA. [En línea] 25 de abril de 2016.

<http://www.uteq.edu.ec/doc/page/35/Grupos%20de%20Investigaci%C3%B3n/APRODEFRUTA/Utilizaci%C3%B3n%20del%20muc%C3%A1lago%20tipo%20nacional%20y%20trinitario,%20en%20la%20obtenci%C3%B3n%20de%20jalea.pdf>.

Vuksan. *Konjac-mannan (glucomannan) improves glycemia and other associated risk factors for coronary heart disease in type 2 diabetes. A.* New Jersey : Diabetes Care, 2002. ISBN.

ANEXOS

ANEXO A. Modelo de encuesta para las pruebas asertivas del producto obtenido

PRUEBA DE ACEPTACIÓN

Nombre: ... Edad: ... Fecha: ...

PRODUCTO: Mermelada de Mucílago de Cacao

INDICACIONES.

Por favor en el siguiente orden consumir las muestras propuestas y marcar la muestra con el código que más le gusto:

- 1. Muestra : 1835 _____
- 2. Muestra : 1836 _____

Sensaciones	Me gusta			Ni me gusta, ni me disgusta			No me gusta		
	1835	1836	1837	1835	1836	1837	1835	1836	1837
Sabor									
Consistencia									
Color									
Olor									

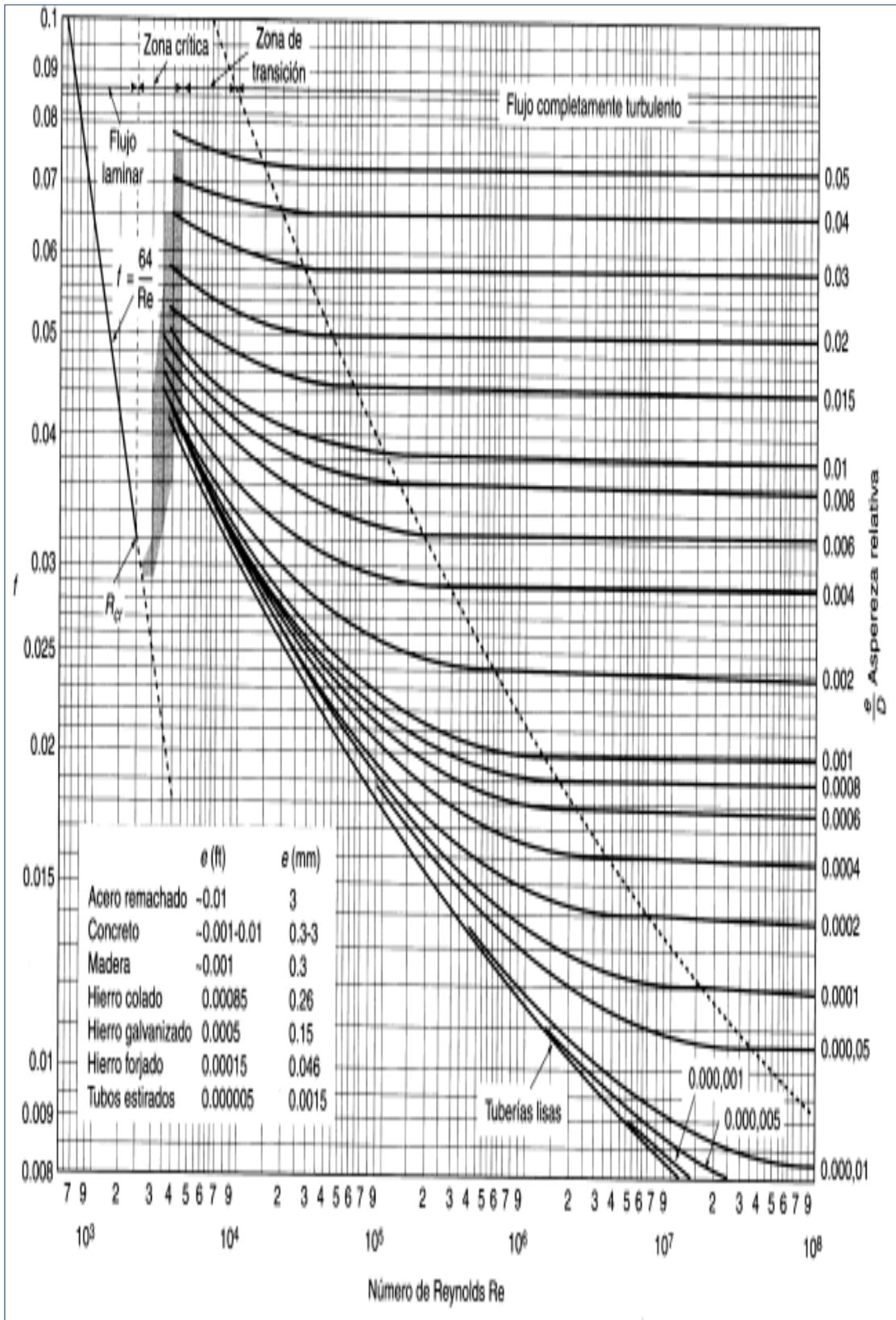
- 3. Muestra : 1837 _____

De la muestra que usted seleccionó de mayor agrado exprese su criterio en la siguiente tabla

Comentario.....
.....
.....

Gracias por su ayuda

ANEXO B. Diagrama utilizado para el cálculo del número de potencia



ANEXO C. Coeficiente de fricción de accesorios

Tipo de singularidad	K
Válvula de compuerta totalmente abierta	0,2
Válvula de compuerta mitad abierta	5,6
Curva de 90°	1
Curva de 45°	0,4
Válvula de pie	2,5
Emboque (entrada en una tubería)	0,5
Salida de una tubería	1
Ensanchamiento brusco	$(1-(D1/D2)^2)^2$
Reducción brusca de sección (Contracción)	$0,5(1-(D1/D2)^2)^2$

ANEXO D. Análisis físico-químicos y microbiológicos de la materia prima

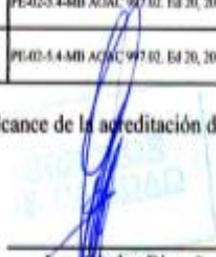


UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS
 Dir: Av. Los Chasquis y Rio Payamino, Huachi, Telf.: 2 400987 ext. 5517, e-mail: laconal@uta.edu.ec
Ambato-Ecuador



"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N°: OAE LE C 10-008"

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:18-094		R01-5.10 07				
Solicitud No: 18-094		Pág: 1 de 1				
Fecha recepción: 14 de mayo de 2018		Fecha de ejecución de ensayos: 14 al 18 de mayo de 2018				
Información del cliente:						
Empresa:	C.I./RUC: 2100510094					
Representante: Silvia Marina Marzano Moncayo	TIF:					
Dirección: Riobamba	Celular: 0969658857					
Ciudad: Riobamba	E mail: silviamarzano25@gmail.com					
Descripción de las muestras:						
Producto: Mucilago de cacao	Peso: 200 g aprox.					
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: funda esteril					
Lote: n/a	No de muestras: una					
F. Elb.: n/a	F. Exp.: n/a					
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: 7 días					
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 13 de mayo de 2018					
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Mucilago de cacao	09418273	Materia prima	*Proteína	PE03-5.4-FQ - AOAC Ed 20, 2016 2001.11	% (Nx6,25)	0,371
			*pH	AOAC 942.15 Ed 20, 2016 / INEN 389	Unidades de pH	3,44
			*Acidez	AOAC 942.15. Ed 20, 2016	mg/100g ácido cítrico	0,984
			*Sólidos solubles	AOAC 932.12 Ed 20, 2016 / INEN 380	%Bx	17,2
			*Humedad	AOAC 920.151. Ed 20, 2016	%	80,5
			Mohos	PE-02-5.4-MB AOAC 997.02. Ed 20, 2016	UFC/g	<10
			Levaduras	PE-02-5.4-MB AOAC 997.02. Ed 20, 2016	UFC/g	<10
Conds. Ambientales: 20,7 °C; 57%HR						
Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE						
			 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad			
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						
Fecha de emisión del certificado: 21 de mayo de 2018						
<p style="font-size: small;">Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente. *La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vendida. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".</p>						

ANEXO E. Mermelada de mucílago de cacao (producto final)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Telf.: 2 400987 ext. 114, e-mail: laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com
 Ambato-Ecuador

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N°: OAE LE C 10-008"
CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO
 Certificado No: 18-200

Solicitud No: 18-200		R01-5.10.06				
Fecha de recepción: 20 de agosto de 2018		Pag.: 1 de 4				
Fecha de ejecución de ensayos: 20 de agosto 2018						
Información del cliente:						
Empresa:	C.I./RUC: 2100510094					
Representante: Silvia Marina Marzano Moncayo	TIF:					
Dirección: Riobamba	Celular: 0969658857					
Ciudad: Riobamba	E mail: silviamarzano25@gmail.com					
Descripción de las muestras:						
Producto: Mermelada de mucílago de cacao	Peso: 250 g					
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: vidrio					
Lote: 1835	No de muestras: una					
F. Elb.: 01 de agosto 2018	F. Exp.: 01 de febrero 2019					
Conservación: Ambiente: x Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: 30 días					
Cierres seguridad: Ninguno: Intactos: x Rotos:	Muestreo por el cliente: 20 de agosto 2018					
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Mermelada de mucílago de cacao	20018367	ninguno	*Sólidos totales	PE06-5.4-FQ. AOAC Ed 20, 2016 927.05	%	68,01
			*pH	AOAC 942.15. Ed 20, 2016	unidades de pH	3,25
			*Sólidos solubles	AOAC 932.12 Ed 20, 2016 / ENEN 380	%	65,00
			Fibra dietética total	AOAC 985.29. Ed 20, 2016	%	8,25
			Proteína	PE07-5.4-FQ. AOAC Ed 20, 2016 2001.11	%(N*6,25)	5,45
			§*Azúcares Totales	AOAC 925.26	%	62,45
			§*Azúcares reductores	AOAC 925.36	%	11,25
			§Humedad	AOAC 925.10	%	0,75
			*Consistencia	INEN 1899:1998. Cronómetro de Bostwick	Semifluido	
			*Aerobios Totales	Standard Method: 9215 D.	UFC/g	<10
			*Mohos	Standard Method: 9610D	UFC/g	<10
			*Levaduras	Standard Method: 9610D	UFC/g	<10
			§*Recuento de Anaerobios	Anaerobio: Brewer	Presencia/ausencias	no presencia

ANEXO F. Etiqueta del producto final



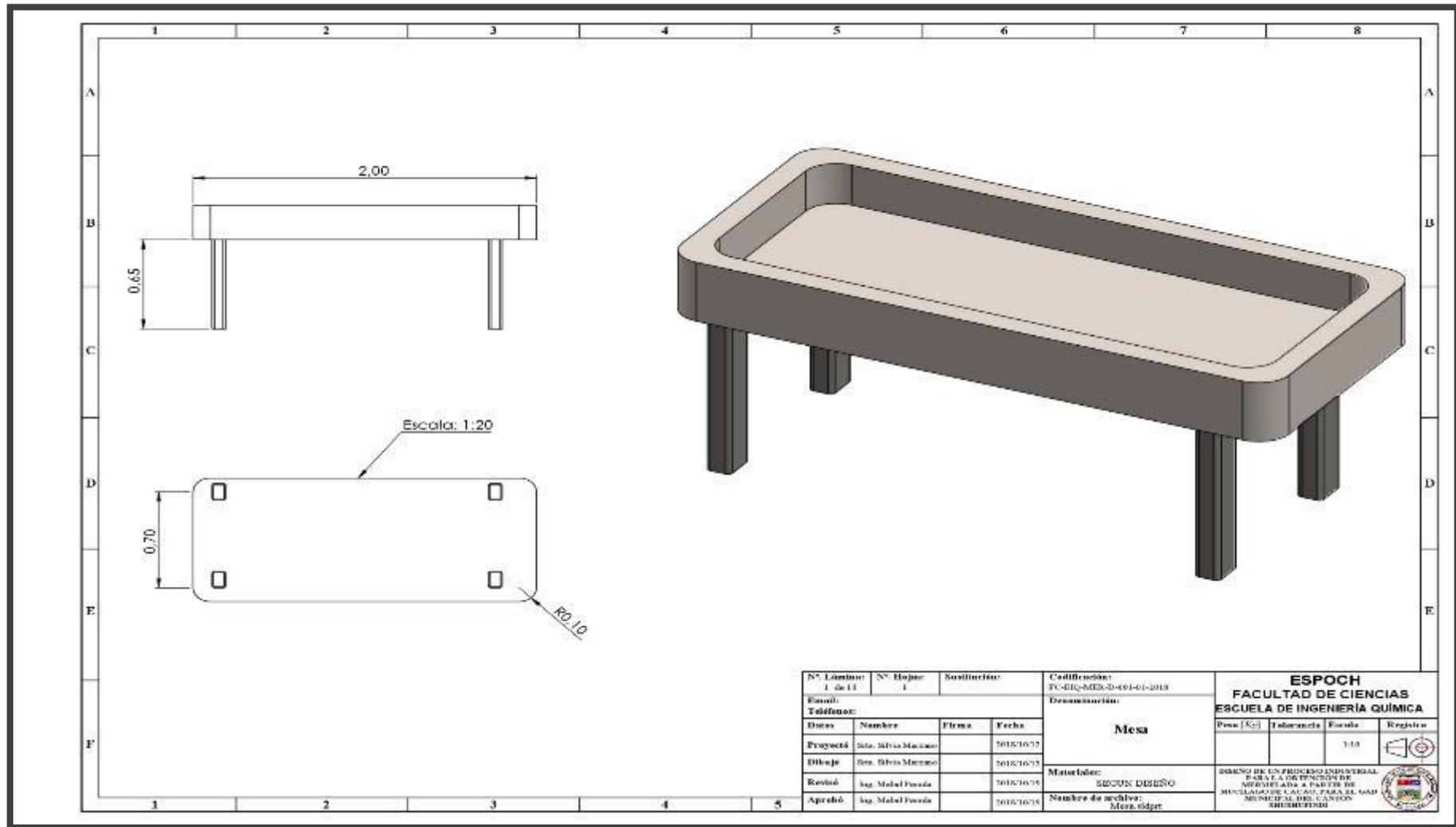
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA LAB. DE INVESTIGACIÓN MARZANO MONCAYO SILVIA MARINA </p>	DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE MERMELADA A PARTIR DEL MUCÍLAGO DEL CACAO, PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN SHUSHUFINDI		
➤ Etiquetado: Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022 (2R) Rotulado de Productos Alimenticios Procesados, Envasados y Empaquetados.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información		Lámina	Escala	Fecha
			1	1:100	12/10/2018

ANEXO G. Presentación para la venta del producto final



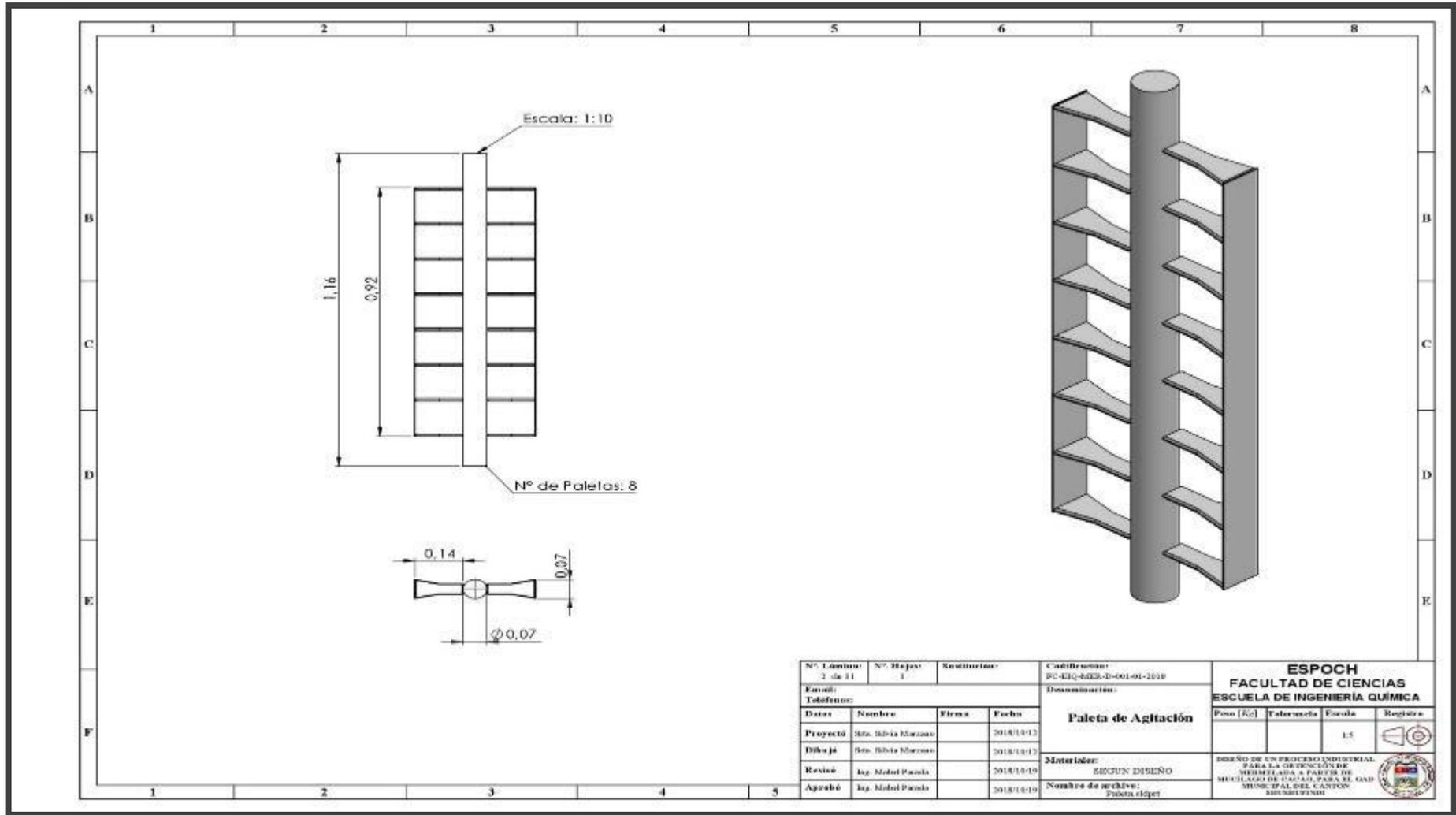
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p style="text-align: center;"> ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA LAB. DE INVESTIGACIÓN MARZANO MONCAYO SILVIA MARINA </p>	<p>DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE MERMELADA A PARTIR DEL MUCÍLAGO DEL CACAO, PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN SHUSHUFINDI</p>		
<p>➤ MERMELADA DE MUCÍLAGO DE CACAO PRODUCTO FINAL PROPUESTO.</p>	<p> <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información </p>		<p>Lámina</p>	<p>Escala</p>	<p>Fecha</p>
		<p>2</p>	<p>1:100</p>	<p>12/10/2018</p>	

ANEXO H. Mesa de lavado, pelados y desvenado



N°. Línea:	N°. Hoja:	Sustitución:		Calificación:		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA					
1 de 11	1			EQUIC-MSI-20-01-01-2019							
Escala:				Denominación:				Proy. [Kc]	Tolerancia	Escala	Registros
				Mesa						1:10	
Diseño	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SIGUIN DISEÑO Nombre de archivo: Mesa_sldprt				DIBUJO DE UN PROCESO INDUSTRIAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE NUTRIENTES A PARTIR DE MUCILAGINOSE CACAO PARA EL GADP MUNICIPAL DEL CAJÓN HUASICHINDI			
Proyectó	Stta. Silvia Maciano		30/03/19								
Dibujó	Stta. Silvia Maciano		30/03/19								
Revisó	Ing. Mahel Posada		30/03/19								
Aprobó	Ing. Mahel Posada		30/03/19								

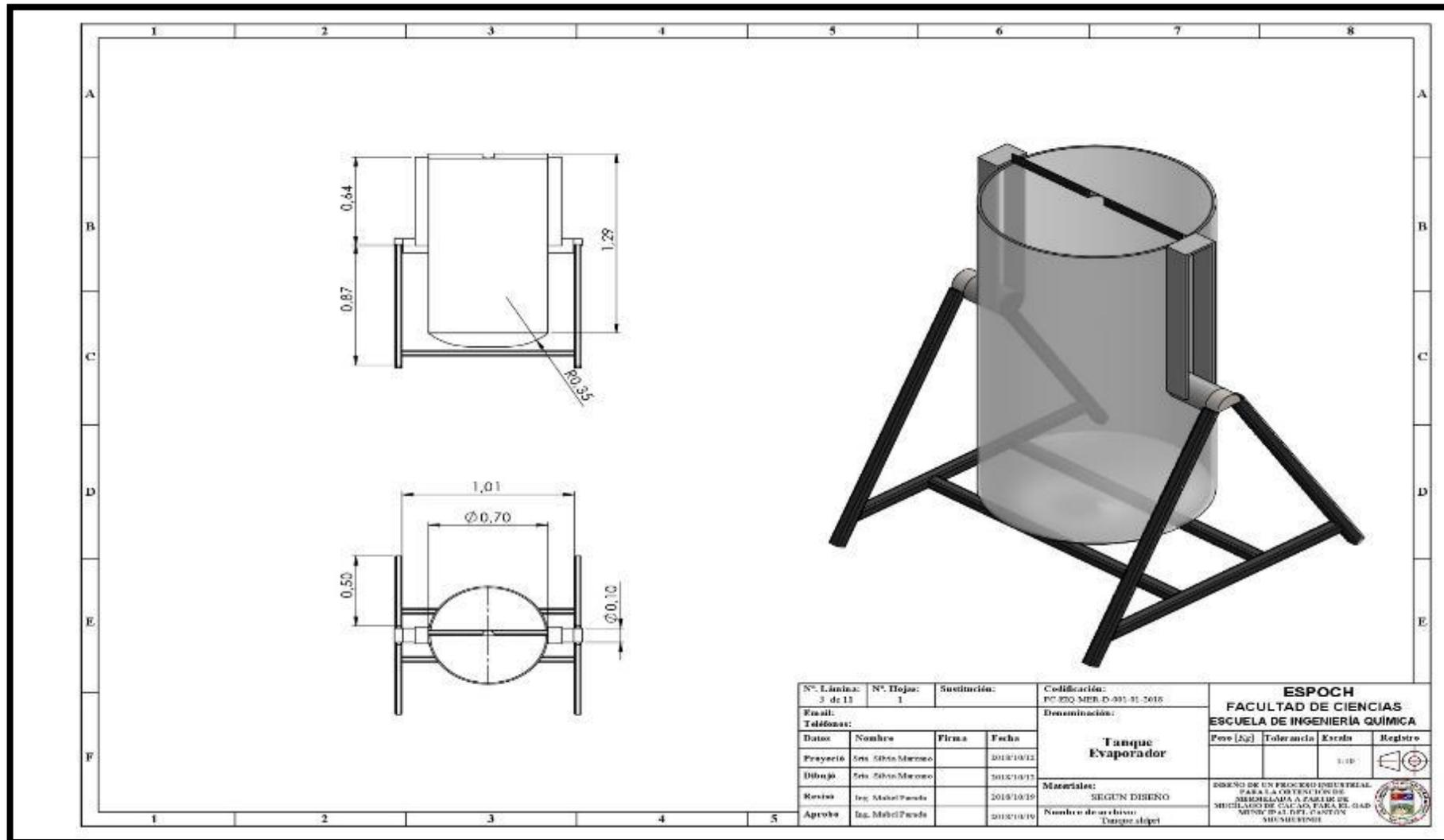
ANEXO I. Paleta de Agita



Nº. Lámina:	Nº. Hojas:	Sustitución:	Calificación:
2 de 11	1		PC-ENG-MER-D-001-01-2019
Función:			Denominación:
Título:			Paleta de Agitación
Fecha:	Nombre:	Firma:	Fecha:
Proyectó:	Ing. Silvia Marcano		2018/10/12
Diseñó:	Ing. Silvia Marcano		2018/10/12
Revisó:	Ing. Mabel Paredo		2018/10/19
Aprobó:	Ing. Mabel Paredo		2018/10/19
Materiales:			SEGUN DISEÑO
Nombre de archivo:			Paleta agit

ESPOCH			
FACULTAD DE CIENCIAS			
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Folio [No.]:	Total Hojas:	Escala:	Registro:
		1:5	
DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE VERMELADA A PARTIR DE MUCILAGU DE CACAO PARA EL GADP MUNICIPAL DEL CANTÓN BAHUACHICO			

ANEXO J. Tanque de evaporador



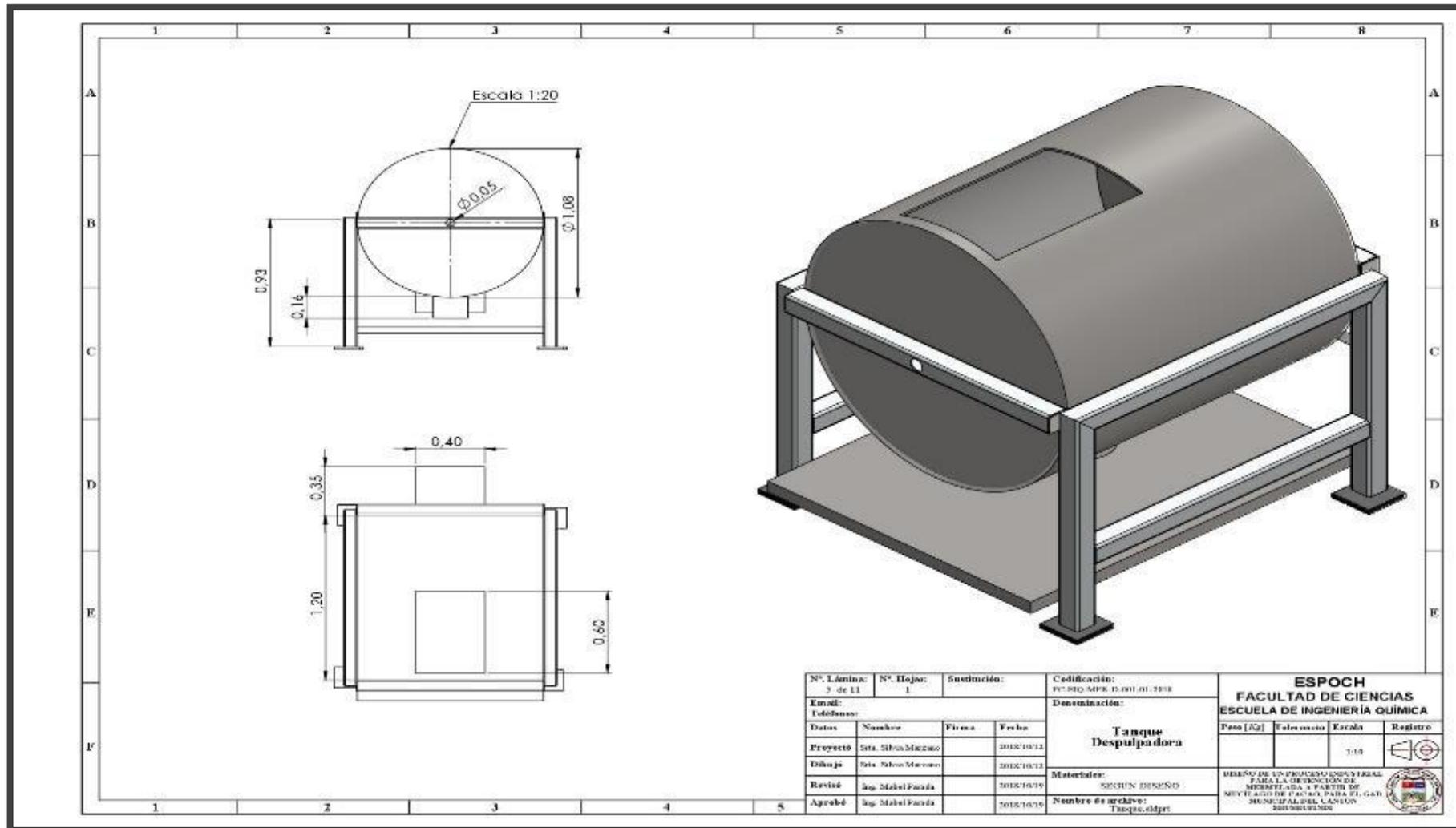
N° Lámina: 3 de 13		N° Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: PC-ESQ-MER-D-001-01-2016		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA							
Escala:						Denominación:						Peso [kg]		Tolerancia	
Titolación:						Tanque Evaporador						1:10			
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Materiales:							
Preparó		Ers. Sólita Marcano				2018/10/12		SEGUN DISEÑO							
Dibujó		Ers. Sólita Marcano				2018/10/12		Número de archivos:							
Revisó		Ing. Mabel Pareda				2018/10/19		Tanque aljeqi							
Aprobó		Ing. Mabel Pareda				2018/10/19		DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE MIELCELULOSA A PARTIR DE MUCILAGO DE CACAO PARA EL OAB MUNICIPIO DE TAPI, CANTÓN ALENDEZUELA							

ANEXO K. Evaporador

SECCIÓN A-A

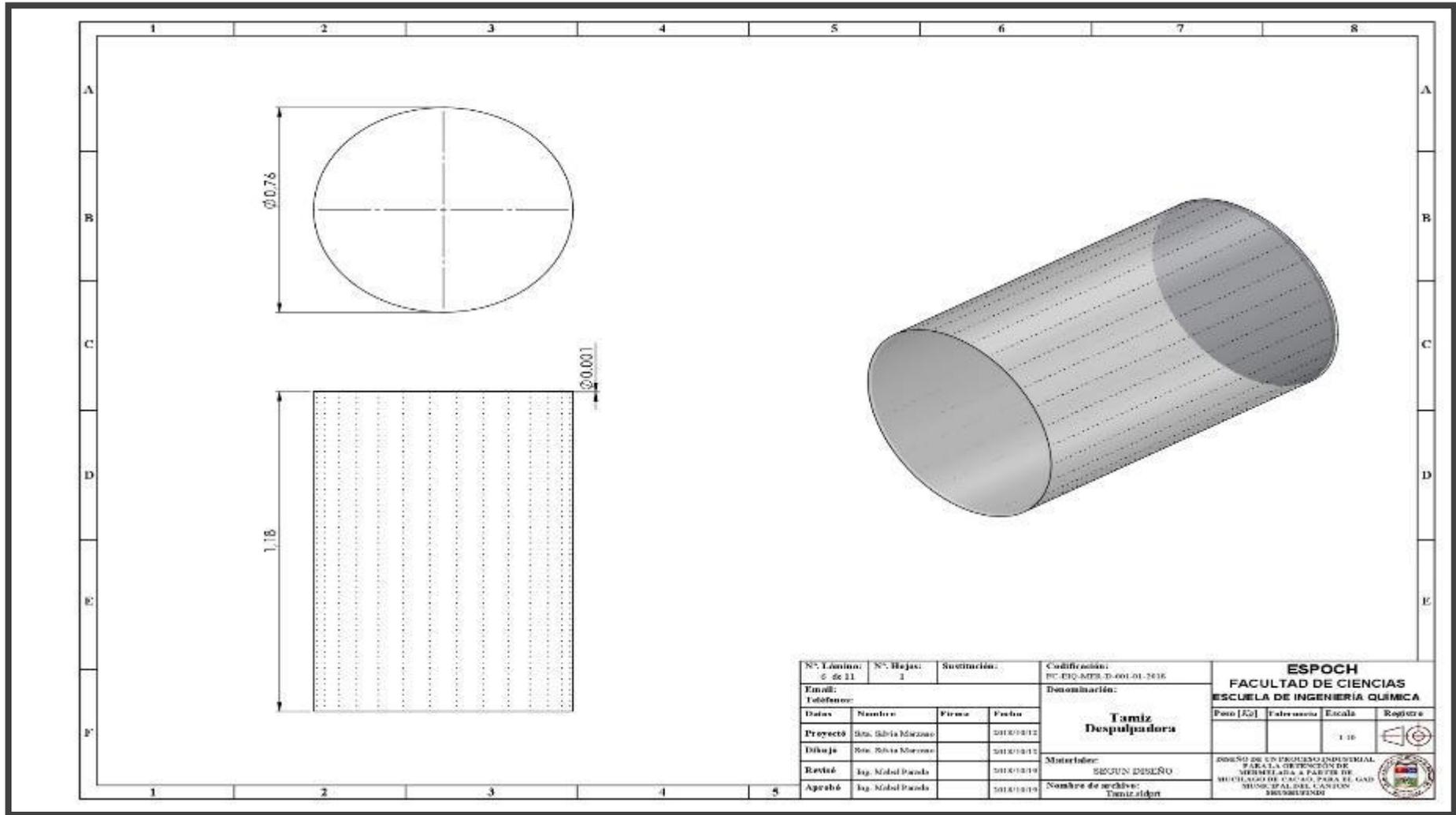
N° Lámina: 4 de 11	N° Hoja: 1	Sección:	Calificación: PC-EIQ-MER-D-001-01-2018	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA																								
Escala: Tubo: 1:1			Evaporador con Serpentin				<table border="1"> <tr> <th>Peso [Kg]</th> <th>Tolerancia</th> <th>Escala</th> <th>Registro</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1:10</td> <td></td> </tr> </table>	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro			1:10														
Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro																									
		1:10																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Datos</th> <th>Nombre</th> <th>Firma</th> <th>Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proyecto</td> <td>Sra. Sibon Macario</td> <td></td> <td>2018/10/12</td> </tr> <tr> <td>Diseño</td> <td>Sra. Sibon Macario</td> <td></td> <td>2018/10/12</td> </tr> <tr> <td>Revisó</td> <td>Ing. Mabel Purón</td> <td></td> <td>2018/10/19</td> </tr> <tr> <td>Aprobó</td> <td>Ing. Mabel Purón</td> <td></td> <td>2018/10/19</td> </tr> </tbody> </table>			Datos	Nombre	Firma	Fecha	Proyecto	Sra. Sibon Macario		2018/10/12	Diseño	Sra. Sibon Macario		2018/10/12	Revisó	Ing. Mabel Purón		2018/10/19	Aprobó	Ing. Mabel Purón		2018/10/19	Descripción: Material: SEGUN DISEÑO				DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE PANGLOSSA A PARTIR DE MUELAGRO CALADO PARA EL BARR MONTA EL DEL CANTON SIBON PURON	
Datos	Nombre	Firma	Fecha																									
Proyecto	Sra. Sibon Macario		2018/10/12																									
Diseño	Sra. Sibon Macario		2018/10/12																									
Revisó	Ing. Mabel Purón		2018/10/19																									
Aprobó	Ing. Mabel Purón		2018/10/19																									
			Nombre de archivo: EvaporadorDAC.stp																									

ANEXO L. Tanque Despulpadora



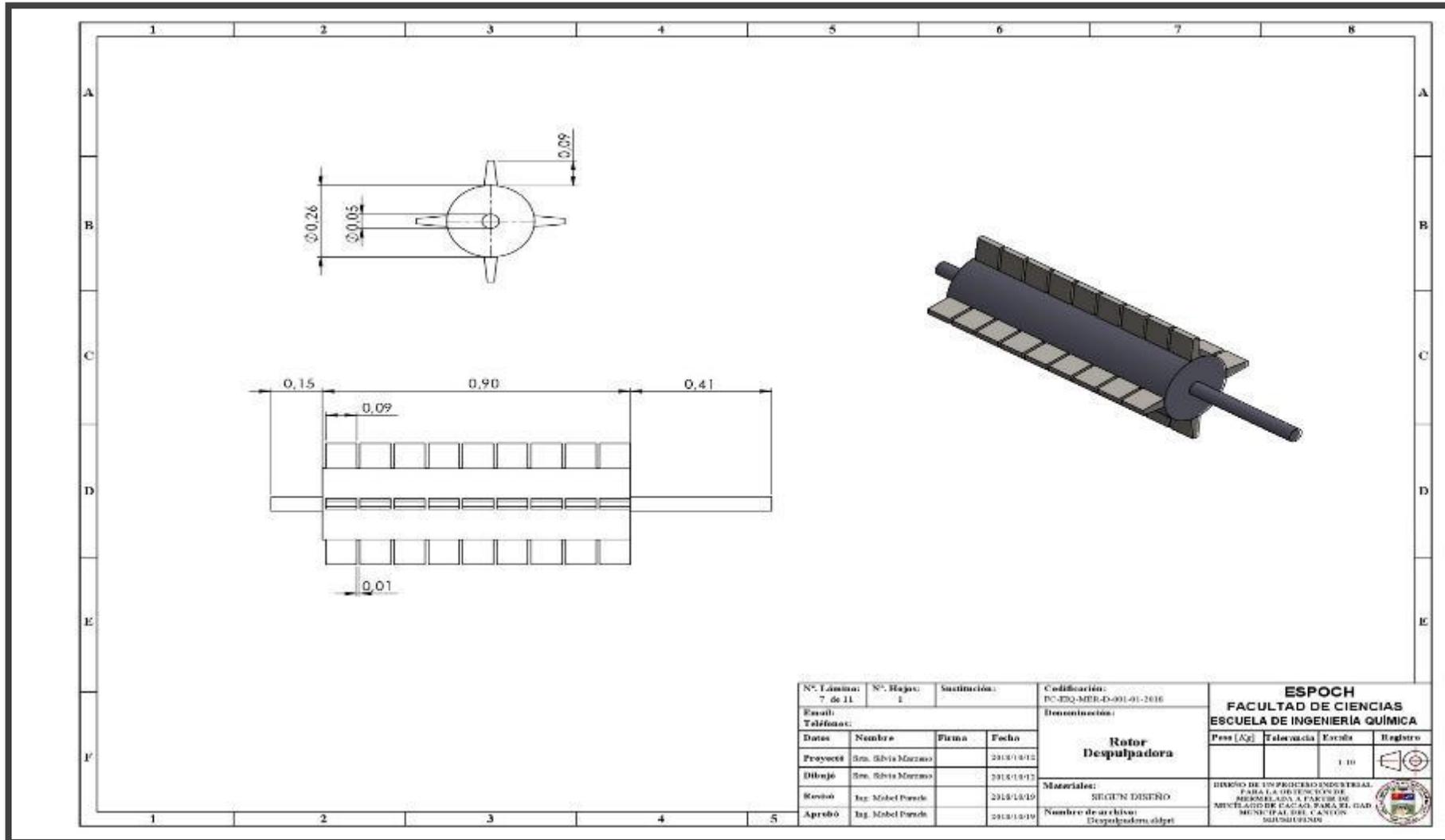
Nº. Lámina: 3 de 11	Nº. Hojas: 1	Sumisión:	Codificación: PT-500-MEX-D-001-01-2018	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Emplé: Tubo			Denominación: Tanque Despulpadora		Peso [Kg]	Volumen [m ³]	Escala 1:10
Datos		Nombre	Firma	Fecha	 MEDIO DE UN PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE MERMELADA A PARTIR DE NECTAR DE FALGOS PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN SANGOLINGO		
Proyectó	Ing. Silvio Macías			2018/10/12			
Diseñó	Ing. Silvio Macías			2018/10/12			
Revisó	Ing. Mabel Encada			2018/10/15			
Aprobó	Ing. Mabel Encada			2018/10/15	Nombre de archivo: Tanque.dwg		

ANEXO M. Tamiz



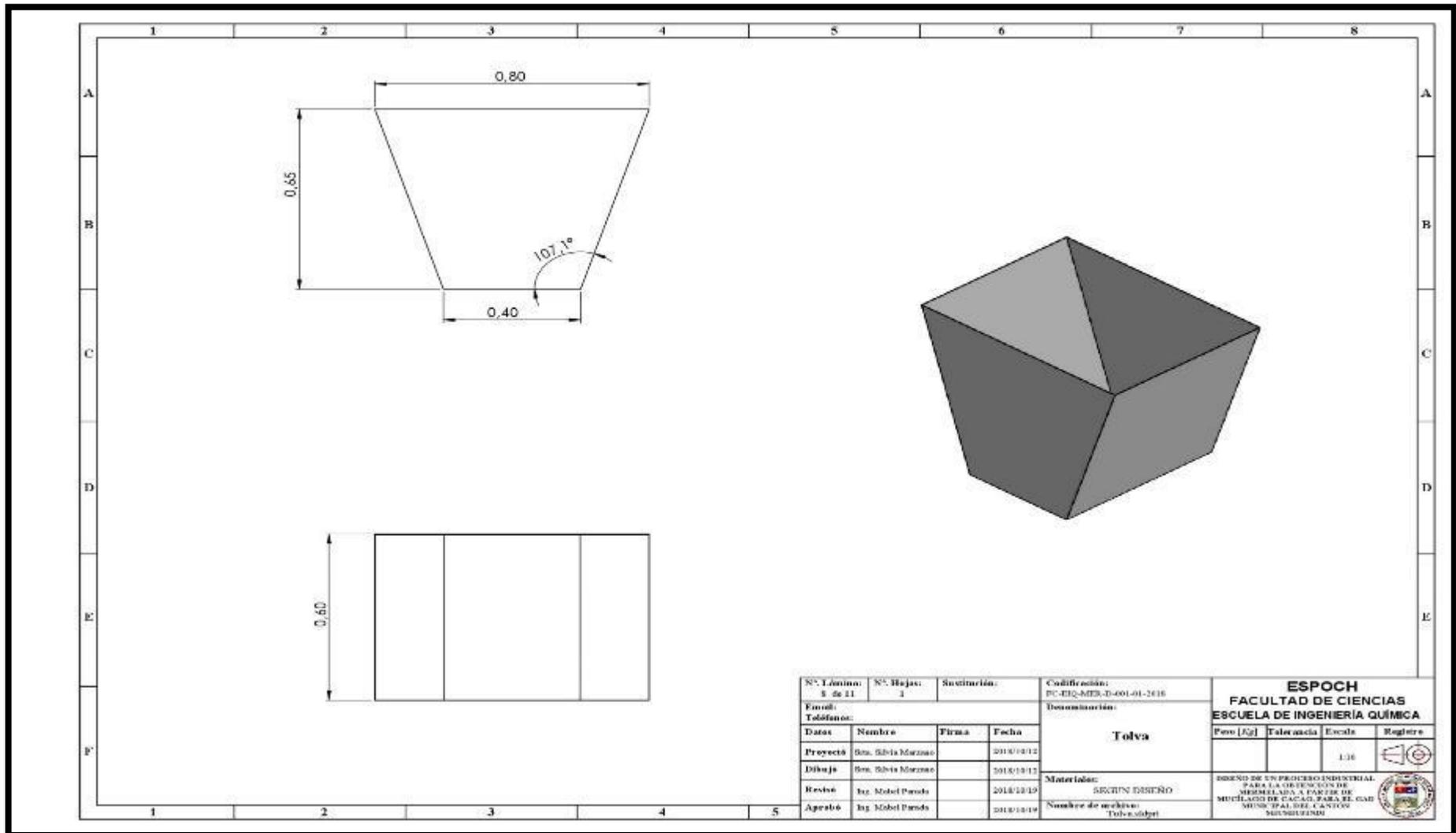
N° Lámina: 6 de 11	N° Hojas: 1	Institución:	Calificación: FC-ING-0078-15-001-01-1018	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Empl: Tubiflor			Denominación: Tamiz Despulpadora				
Fecha:		Nombre:	Fecha:	Paño [E2]	Fabril	Escala:	Registro:
Proyectó		Ing. Silvia Marcano	2018/10/12			1:10	
Diseño		Ing. Silvia Marcano	2018/10/12	Materiales: SEGUN DISEÑO			
Revisó		Ing. Nohel Pareda	2018/10/19	Nombre de archivo: Tamiz.rtdgn			
Aprobó		Ing. Nohel Pareda	2018/10/19	<small>POBRO DE UN PROYECTO INDUSTRIAL FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA MEMBERADA A PARTIR DE MUCHOS DE CALIDAD PARA EL GAS MUNICIPAL DEL CANTÓN SUCUMBINDO</small>			

ANEXO N. Rotor de despulpadora



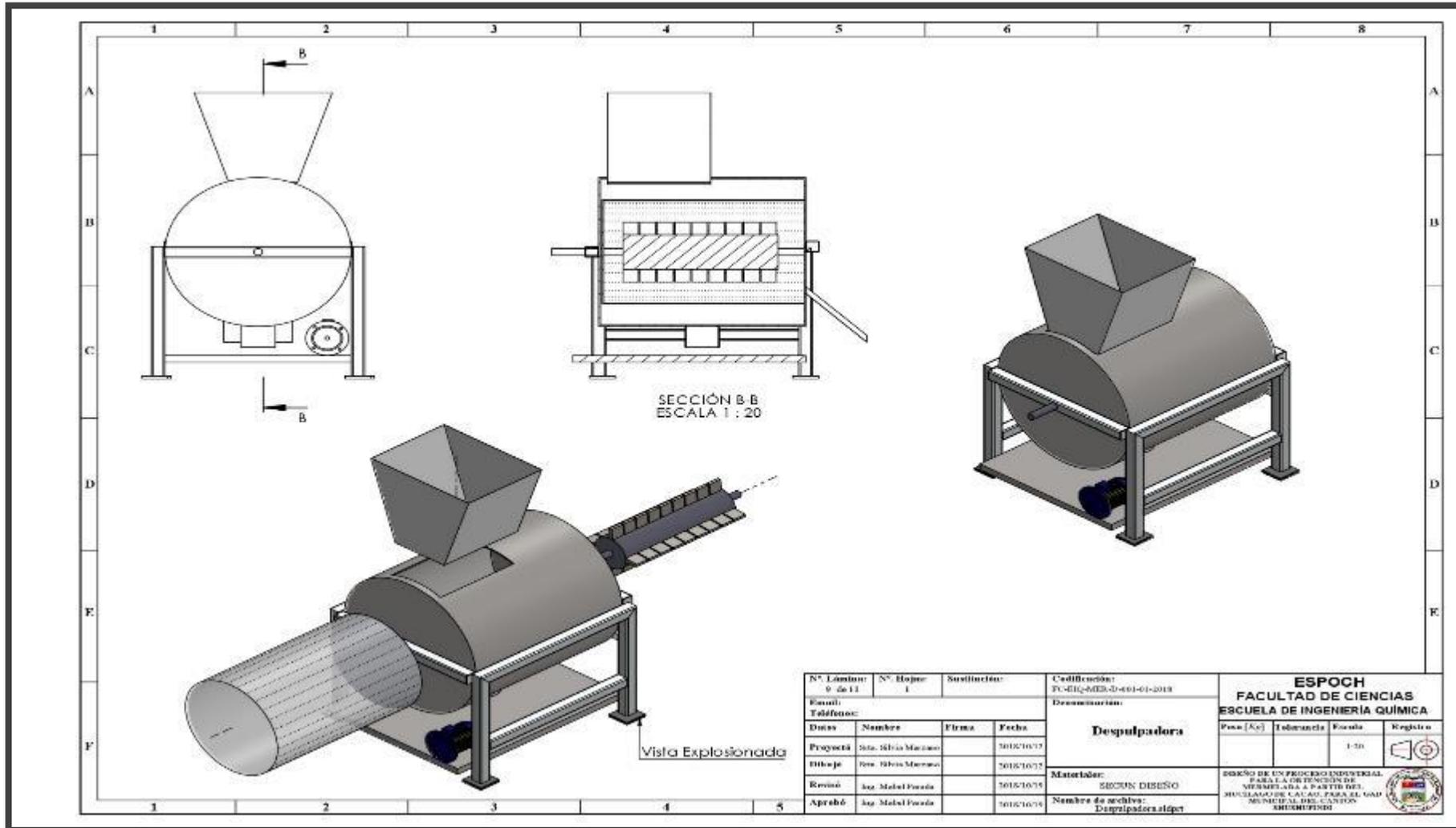
N° Lámina: 7 de 11		N° Hoja: 1		Institución:		Codificación: PC-EDQ-MER-D-001-01-2016		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Escala:		Teléfono:		Denominación:		Rotor Despulpadora					
Diseño		Nombre		Firma		Fecha					
Proyectó		Ing. Silvia Marcano				2018/10/12					
Dibujó		Ing. Silvia Marcano				2018/10/12					
Revisó		Ing. Mabel Parachi				2018/10/19					
Aprobó		Ing. Mabel Parachi				2018/10/19					
								Materiales: SEGUN DISEÑO		DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA PROTECCIÓN DE MERMELADA A PARTIR DE MANTARDO DE CACAO PARA EL OMB MUNICIPAL DEL CANTON SUFUPELINDO	
								Nombre de archivo: Despulpadora.dwg			

ANEXO O. Tolva



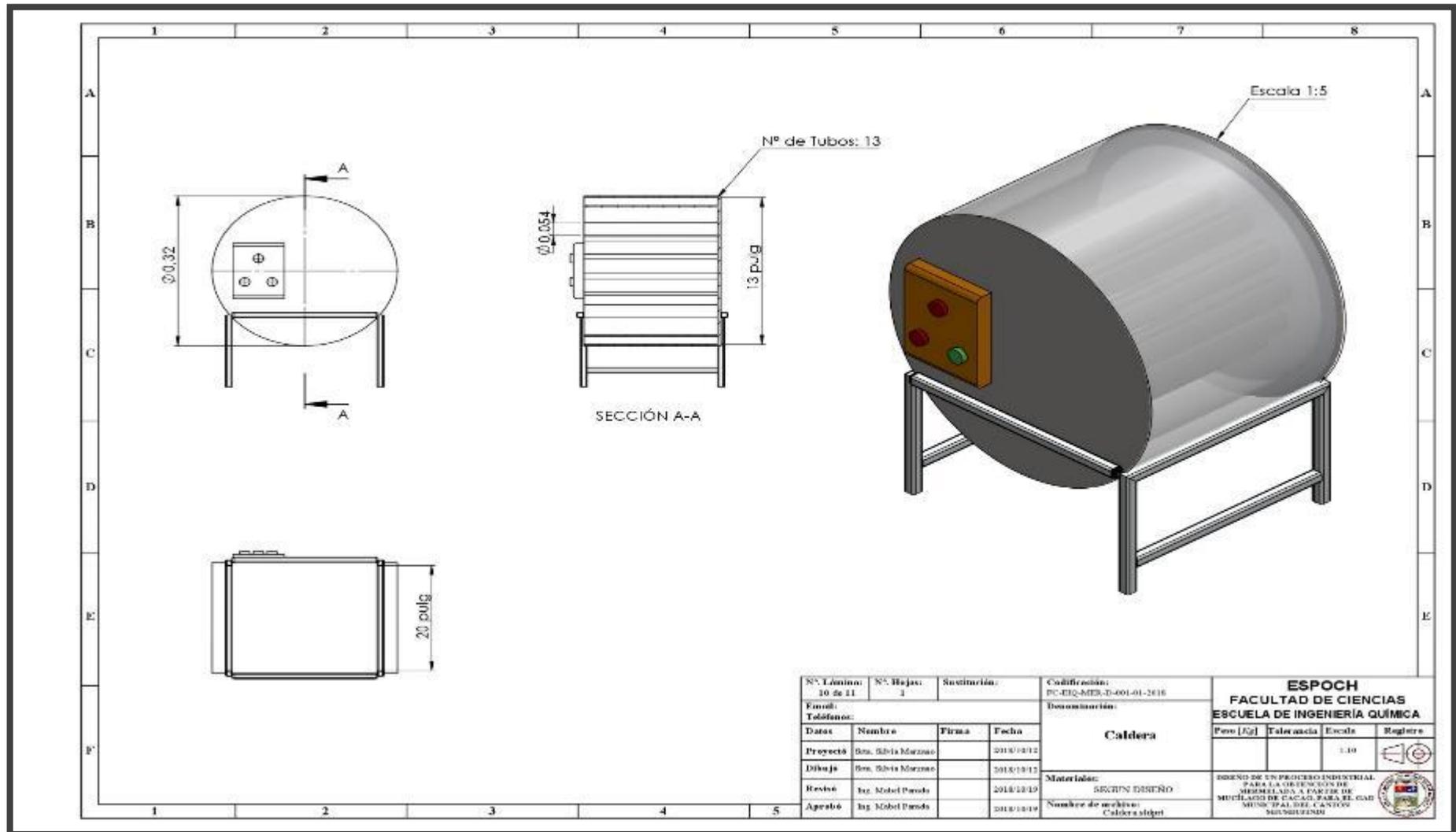
N° Lámina: 8 de 11	N° Hoja: 1	Sustitución:	Calificación: PC-ETQ-MER-D-001-01-2016	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Enroll: Tolva:			Denominación: Tolva				
Proyectó	Ing. Silvia Marzán		2018/04/12			1:10	
Dibujó	Ing. Silvia Marzán		2018/04/12	Materiales: SEGÚN DISEÑO			
Revisó	Ing. Mabel Parodi		2018/04/19	Número de archivos: Tolva.dwg			
Aprobó	Ing. Mabel Parodi		2018/04/19	<small>ORDEN DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS A PARTIR DE MUESTRAS DE CACAO PARA EL CASO MUNICIPIO PALMIRA, CANTÓN SAN CRISTÓBAL</small>			

ANEXO P. Despulpadora



N° Límite: 9 de 11	N° Hojas: 1	Sustitución:	Calificación: FC-EG-IND-0-001-01-2018	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Fecha:	Título:		Denominación:				
Diseño	Nombre	Firma	Fecha	Despulpadora			
Proyectó	Ing. Silvia Marcano		30/02/2017				
Dibujó	Ing. Silvia Marcano		30/02/2017				
Revisó	Ing. Mabel Pareda		30/02/2017				
Aprobó	Ing. Mabel Pareda		30/02/2017	Materiales: SECCION DISEÑO			
Nombre de archivo: Despulpadora.dwg				DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE MEMBRANA A PARTIR DEL MULLADO DE CALAO, PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN GUARANDA			

ANEXO Q. Caldera



ANEXO R. Diseño de la distribución de la planta.

