



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

**DISEÑO DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA A  
PARTIR DE LA GUAYABA (*Psidium guajava L*)**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA: PAMELA ALEXANDRA QUISPE ACURIO**

**DIRECTORA: ING. MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA, MSc.**

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Pamela Alexandra Quispe Acurio

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.

Yo, Pamela Alexandra Quispe Acurio, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Aquellos textos de otras fuentes están correctamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos presentes en este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de mayo de 2024



**Pamela Alexandra Quispe Acurio**

**050319179-3**

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA A PARTIR DE LA GUAYABA (*Psidium guajava L*)**, realizado por la señorita: **PAMELA ALEXANDRA QUISPE ACURIO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Camilo Pavel Haro Barroso MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2024-05-30
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinuesa MSc. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-05-30
Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-05-30

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado a mis padres (Luis y Lilia), “gracias por creer en mí” por enseñarme el valor del trabajo duro y la perseverancia además de ser un sustento para llevar a cabo este logro y poder formarme como profesional, les estoy eternamente agradecida, a mi hermana Carito por haber estado ahí desde el principio y acompañarme en esta etapa universitaria además de brindarme sus consejos y cariño, a mis mascotas Santy, Tommy, Dinky, Jack y Rafaela su presencia ha sido una fuente de cariño y fidelidad constante.

Pamela

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios y la Virgen por darme la fuerza y sabiduría de culminar esta etapa, me han bendecido y han levantado cuántas veces he caído. A mis padres por su amor incondicional y apoyo en cada decisión que he tomado, agradecerles por los consejos y los esfuerzos, a mis abuelos Manuel, Beatriz y Lucinda quienes ya no están físicamente conmigo, pero cuyo amor y sabiduría siguen iluminando mi camino, llevo sus bendiciones en mi corazón, a Martha, quien ha sido mi segunda madre, dándome su confianza y consejos, además de enseñarme los principios y valores que hoy en día guían mi camino como una persona íntegra, a mis queridas tías: Lourdes, Bertha, Sabina y Ana quienes han sido una fuente constante de amor, alegría y apoyo de una u otra manera han contribuido de manera significativa a mi desarrollo. A mis queridos amigos que han sido mi fuente inagotable de risas y complicidad, cada uno ha dejado una huella imborrable en mi corazón y en mi vida agradezco profundamente su amistad sincera, se convirtieron en una familia para esta foránea, sé que nuestra amistad perdurará más allá de cualquier logro académico o profesional. A mi directora de tesis Ing. Mayra Zambrano, por su paciencia, su guía y su apoyo incondicional durante todo el proceso de investigación. Finalmente, agradecerme a mí misma, por la perseverancia y el esfuerzo depositados en cada etapa de este proyecto. Por no rendirme ante los desafíos y por siempre buscar la excelencia.

Pamela

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación del proyecto.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes de investigación.....	4
2.2 Referencias teóricas.....	5
2.2.1 <i>Guayaba</i> .....	5
2.2.1.1 <i>Generalidades</i> .....	5
2.2.1.2 <i>Clasificación botánica</i> .....	5
2.2.1.3 <i>Composición de la fruta</i> .....	6
2.2.2 <i>Propiedades de la guayaba</i> .....	6
2.2.2.1 <i>Producción de la guayaba</i> .....	7
2.2.2.2 <i>Utilidades de la guayaba</i> .....	7
2.2.3 <i>Bebida alcohólica</i> .....	8
2.2.3.1 <i>Bebida alcohólica destilada</i> .....	8
2.2.3.2 <i>Licores</i> .....	8
2.2.4 <i>Bebidas aperitivas</i> .....	9
2.2.5 <i>Bebida alcohólica no destilada</i> .....	9

2.2.6	<i>Bebida alcohólica macerada</i> .....	9
2.2.7	<i>Fermentación</i> .....	10
2.2.7.1	<i>Fermentación alcohólica</i> .....	10
2.2.7.2	<i>Fermentación láctica</i> .....	10
2.2.7.3	<i>Fermentación butírica</i> .....	10
2.2.7.4	<i>Fermentación acética</i> .....	11
2.2.8	<i>Factores que influyen en la fermentación</i> .....	11
2.2.8.1	<i>° Brix</i> .....	11
2.2.8.2	<i>Acidez</i> .....	11
2.2.8.3	<i>Levaduras</i> .....	12
2.2.8.4	<i>Temperatura</i> .....	12
2.2.9	<i>Destilación</i> .....	12
2.2.9.1	<i>Destilación simple</i> .....	13
2.2.9.2	<i>Destilación fraccionaria</i> .....	13
2.2.9.3	<i>Destilación con rectificación</i> .....	13

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	14
3.1	<b>Localización del proyecto</b> .....	14
3.2	<b>Tipo de estudio</b> .....	15
3.2.1	<i>Estudio exploratorio</i> .....	15
3.2.2	<i>Estudio experimental</i> .....	15
3.3	<b>Métodos y técnicas</b> .....	16
3.3.1	<i>Métodos</i> .....	16
3.3.1.1	<i>Método inductivo</i> .....	16
3.3.1.2	<i>Método deductivo</i> .....	16
3.3.1.3	<i>Método experimental</i> .....	16
3.3.2	<i>Técnicas</i> .....	16
3.3.3	<i>Equipos y materiales</i> .....	17
3.3.4	<i>Procedimiento</i> .....	17
3.4	<b>Variables de proceso</b> .....	18
3.4.1	<i>Parámetros de la pulpa y jugo de guayaba</i> .....	18
3.5	<b>Parte experimental</b> .....	19
3.5.1	<i>Obtención del extracto de guayaba</i> .....	19
3.5.1.1	<i>Procesos previos de la materia prima</i> .....	19

3.5.1.2	<i>Caracterización de la guayaba</i> .....	20
3.5.1.3	<i>Normativa para la caracterización fisicoquímica de la materia prima</i> .....	23
3.5.1.4	<i>Extracción y filtrado del jugo de guayaba</i> .....	24
3.5.2	<b>Obtención de alcohol</b> .....	24
3.5.2.1	<i>Fermentación</i> .....	24
3.5.2.2	<i>Proceso de destilación de la bebida alcohólica</i> .....	26
3.5.2.3	<i>Caracterización del licor con respecto a la norma INEN</i> .....	27
3.5.2.4	<i>Diagrama para la obtención de la bebida alcohólica a partir de la guayaba</i> .....	27
3.6	<b>Datos experimentales</b> .....	28
3.6.1	<b>Lavado</b> .....	28
3.6.1.1	<i>Cálculo del porcentaje de humedad de la guayaba</i> .....	29
3.6.1.2	<i>Cálculo de cenizas totales en la guayaba</i> .....	29
3.6.2	<b>Filtración</b> .....	29
3.6.2.1	<i>Cálculo del porcentaje de solidos retenidos en el filtro</i> .....	29
3.6.3	<b>Fermentación</b> .....	30
3.6.3.1	<i>Cálculo de la acidez en la guayaba</i> .....	30
3.6.3.2	<i>Cálculo para la corrección de la escala de índice de refracción</i> .....	30
3.6.3.3	<i>Cálculo de solidos solubles contenidos en la fruta</i> .....	31
3.6.3.4	<i>Cálculo del índice de madurez</i> .....	31
3.6.3.5	<i>Cálculo de la densidad</i> .....	32
3.7	<b>Balance de materia y energía</b> .....	32
3.7.1	<b>Balance de materia</b> .....	32
3.7.1.1	<i>Lavado</i> .....	32
3.7.1.2	<i>Despulpado</i> .....	33
3.7.1.3	<i>Triturado</i> .....	34
3.7.1.4	<i>Filtrado</i> .....	35
3.7.1.5	<i>Fermentación</i> .....	36
3.7.1.6	<i>Destilación</i> .....	37
3.7.1.7	<i>Rendimiento de la pulpa de guayaba para obtener etanol</i> .....	38
3.7.2	<b>Balances de energía</b> .....	38
3.7.2.1	<i>Datos requeridos para el balance de energía</i> .....	38
3.7.2.2	<i>Balance de energía para el proceso de fermentación</i> .....	41
3.7.2.3	<i>Balance de energía para el proceso de destilación de la bebida alcohólica</i> .....	44
3.8	<b>Ingeniería de diseño</b> .....	46
3.8.1	<b>Diseño del recipiente utilizado para la recepción y lavado de la guayaba</b> .....	46
3.8.1.1	<i>Cantidad de guayaba necesaria para el proceso</i> .....	46

3.8.1.2	<i>Volumen de guayaba necesario para el proceso de lavado</i> .....	46
3.8.1.3	<i>Volumen de agua necesario para el proceso de lavado</i> .....	46
3.8.1.4	<i>Volumen total</i> .....	46
3.8.1.5	<i>Volumen del recipiente necesario para el proceso de lavado</i> .....	47
3.8.1.6	<i>Altura del recipiente de lavado y recepción</i> .....	47
3.8.1.7	<i>Área del contenedor de recepción y lavado</i> .....	47
3.8.1.8	<i>Cálculo del total de guayaba obtenido después del lavado</i> .....	49
3.8.2	<b><i>Diseño para la despulpadora</i></b> .....	49
3.8.2.1	<i>Determinación de la cantidad de guayaba necesaria en el despulpado</i> .....	49
3.8.3	<b><i>Diseño del triturador</i></b> .....	50
3.8.3.1	<i>Cálculo para determinar la cantidad de jugo de guayaba triturado</i> .....	50
3.8.4	<b><i>Diseño del filtrador</i></b> .....	51
3.8.4.1	<i>Cálculo para determinar la cantidad de jugo de guayaba filtrado</i> .....	51
3.8.5	<b><i>Dimensionamiento del fermentador</i></b> .....	51
3.8.5.1	<i>Volumen total del fermentador</i> .....	51
3.8.5.2	<i>Diámetro del fermentador</i> .....	52
3.8.5.3	<i>Diámetro total del fermentador</i> .....	52
3.8.5.4	<i>Altura que debe tener el fermentador</i> .....	52
3.8.5.5	<i>Volumen máximo que debe tener el fermentador</i> .....	53
3.8.5.6	<i>Diámetro para paletas de mezcla</i> .....	53
3.8.5.7	<i>Altura medida de las paletas desde del fondo del reactor</i> .....	53
3.8.5.8	<i>Ancho de las paletas</i> .....	54
3.8.5.9	<i>Largo de las paletas</i> .....	54
3.8.5.10	<i>Longitud existente entre los deflectores y la pared del fermentador</i> .....	54
3.8.5.11	<i>Diámetro para la chaqueta</i> .....	55
3.8.5.12	<i>Espesor de la cavidad de calentamiento</i> .....	55
3.8.5.13	<i>Altura de la cavidad de calentamiento</i> .....	55
3.8.5.14	<i>Determinación del volumen total del fermentador</i> .....	56
3.8.5.15	<i>Determinación del volumen de la cavidad de calentamiento</i> .....	56
3.8.5.16	<i>Determinación de la cantidad de jugo de guayaba fermentado</i> .....	58
3.8.6	<b><i>Dimensionamiento de la columna de destilación</i></b> .....	58
3.8.6.1	<i>Cálculos y datos necesarios para el diseño de la columna de destilación</i> .....	58
3.8.6.2	<i>Parámetros de funcionamiento en la destilación</i> .....	62
3.8.6.3	<i>Datos graficar la curva de equilibrio</i> .....	63
3.8.6.4	<i>Cálculo de los puntos de intersección</i> .....	64
3.8.6.5	<i>Cálculo correspondiente a la línea de operación para el proceso de enriquecimiento</i> . 65	

3.8.6.6	<i>Cálculo para la recta de alimentación</i>	66
3.8.6.7	<i>Cálculo para la recta de agotamiento</i>	67
3.8.6.8	<i>Número de platos</i>	68
3.8.6.9	<i>Eficiencia global del proceso</i>	70
3.8.6.10	<i>Número de platos real</i>	71
3.8.6.11	<i>Densidad del vapor</i>	71
3.8.6.12	<i>Cálculo del coeficiente “K”</i>	72
3.8.6.13	<i>Velocidad de vapores</i>	73
3.8.6.14	<i>Diámetro de la columna de destilación</i>	73
3.8.6.15	<i>Altura de la columna</i>	74
3.8.6.16	<i>Altura de la columna total</i>	74
3.8.6.17	<i>Cantidad de etanol al 15 % en la columna de destilación</i>	74
3.9	<b>Análisis de costo y beneficio</b>	74
3.9.1	<i>Costo de variables</i>	74
3.9.2	<i>Costos fijos</i>	75
3.9.2.1	<i>Precio de producción de licor</i>	75
3.9.3	<i>Precio de venta del licor</i>	76
3.9.4	<i>Punto de equilibrio</i>	76
3.9.5	<i>Equipos y maquinarias</i>	76
3.9.6	<i>Proyección de ventas y presupuesto</i>	77
3.9.7	<i>Proyección de costos y presupuesto</i>	77
3.9.8	<i>Flujo de caja</i>	78

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	80
4.1	<b>Resultados del diseño</b>	80
4.1.1	<i>Caracterización de la materia prima</i>	80
4.1.2	<i>Calibre de la guayaba</i>	80
4.1.3	<i>Caracterización de licor resultante</i>	80
4.1.4	<i>Rendimiento de los procesos para la obtención del licor</i>	81
4.1.5	<i>Diseño de los equipos</i>	81
4.1.6	<i>Análisis de costos – beneficios para la elaboración del licor</i>	82
4.2	<b>Análisis y discusión de resultados</b>	82

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>84</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>84</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>85</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Clasificación botánica de la guayaba.....	6
<b>Tabla 2-2:</b> Composición de la guayaba por cada 100 g .....	6
<b>Tabla 2-3:</b> Propiedades fisicoquímicas de la guayaba .....	7
<b>Tabla 3-1:</b> Ubicación geográfica de la empresa Corporiz S. ....	14
<b>Tabla 3-2:</b> Materiales y Equipos .....	17
<b>Tabla 3-3:</b> Variable del proceso para la obtención de licor de guayaba. ....	18
<b>Tabla 3-4:</b> Parámetros que debe tener la pulpa y jugo de Guayaba .....	18
<b>Tabla 3-5:</b> Procesos realizados a la materia prima.....	19
<b>Tabla 3-6:</b> Determinación del calibre de la guayaba.....	20
<b>Tabla 3-7:</b> Determinación de la acidez titulable de la guayaba.....	20
<b>Tabla 3-8:</b> Análisis de sólidos totales para guayaba .....	21
<b>Tabla 3-9:</b> Determinación del índice de madurez para guayaba. ....	21
<b>Tabla 3-10:</b> Determinación de la densidad de la guayaba.....	22
<b>Tabla 3-11:</b> Determinación de la humedad de la guayaba. ....	22
<b>Tabla 3-12:</b> Determinación de las cenizas totales de la guayaba. ....	23
<b>Tabla 3-13:</b> Caracterización fisicoquímica de la guayaba .....	23
<b>Tabla 3-14:</b> Proceso para obtener el jugo de guayaba.....	24
<b>Tabla 3-15:</b> Determinación de grados brix e índice de refracción .....	25
<b>Tabla 3-16:</b> Proceso de activación de la levadura.....	25
<b>Tabla 3-17:</b> Determinación del pH.....	26
<b>Tabla 3-18:</b> Proceso de destilación del fermento de Guayaba .....	26
<b>Tabla 3-19:</b> Requisitos para licores de frutas.....	27
<b>Tabla 3-20:</b> datos experimentales del antes y después del lavado de la guayaba .....	28
<b>Tabla 3-21:</b> Datos experimentales del filtrado del jugo de guayaba.....	29
<b>Tabla 3-22:</b> Datos experimentales para determinación de la acidez titulable .....	30
<b>Tabla 3-23:</b> Datos experimentales para determinación de los sólidos totales.....	30
<b>Tabla 3-24:</b> Datos experimentales para determinación del índice de madurez .....	31
<b>Tabla 3-25:</b> Datos de las características del jugo de guayaba .....	31
<b>Tabla 3-26:</b> Datos para determinación de la densidad del jugo de guayaba previo a la fermentación .....	32
<b>Tabla 3-27:</b> Variaciones en las entalpías según la concentración de etanol-agua en los diferentes procesos. ....	39

<b>Tabla 3-28:</b> Variaciones de entalpía de calor residual en el condensado según la masa entre etanol y agua.....	39
<b>Tabla 3-29:</b> Fracciones másicas Etanol-Agua.....	40
<b>Tabla 3-30:</b> Generalidades para una despulpadora de guayaba .....	49
<b>Tabla 3-31:</b> Generalidades para el triturador de guayaba .....	50
<b>Tabla 3-32:</b> Generalidades para el filtrador de guayaba .....	51
<b>Tabla 3-33:</b> Datos de los grados Brix obtenidos en la fermentación .....	56
<b>Tabla 3-34:</b> Datos para el dimensionamiento de la columna de destilación .....	59
<b>Tabla 3-35:</b> Parámetros para el proceso de destilado.....	63
<b>Tabla 3-36:</b> Parámetros de la curva de equilibrio.....	63
<b>Tabla 3-37:</b> Parámetros de la recta de enriquecimiento. ....	66
<b>Tabla 3-38:</b> Parámetros para la recta de alimentación. ....	66
<b>Tabla 3-39:</b> parámetros para la recta de agotamiento .....	67
<b>Tabla 3-40:</b> Datos obtenidos de la interpolación en Excel.....	69
<b>Tabla 3-41:</b> Eficiencia global del proceso.....	70
<b>Tabla 3-42:</b> Costos asociados a materia prima, insumos y aditivos.....	75
<b>Tabla 3-43:</b> Costos de la producción mensual del licor .....	75
<b>Tabla 3-44:</b> Otros costos mensuales.....	75
<b>Tabla 3-45:</b> Costos fijos de producción mensual. ....	75
<b>Tabla 3-46:</b> Punto de equilibrio .....	76
<b>Tabla 3-47:</b> Costos y mantenimiento de los equipos y maquinarias.....	76
<b>Tabla 3-48:</b> Proyección de ventas y fondos de inversión.....	77
<b>Tabla 3-49:</b> Proyección de costos y fondos de inversión .....	77
<b>Tabla 3-50:</b> Valores de flujo de caja .....	78
<b>Tabla 3-51:</b> Resultados TIR, VAN, PR.....	79
<b>Tabla 4-1:</b> Resultados de la caracterización de la materia prima.....	80
<b>Tabla 4-2:</b> Resultado del calibre de la guayaba .....	80
<b>Tabla 4-3:</b> Resultados de la caracterización del licor de guayaba.....	80
<b>Tabla 4-4:</b> Resultados de los procesos para la obtención del licor .....	81
<b>Tabla 4-5:</b> Resultados del diseño de los equipos para la obtención del licor.....	81
<b>Tabla 4-6:</b> Resultados de análisis de costos – beneficios.....	82

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 3-1:</b> Mapa de la empresa Corporiz S.A .....	14
<b>Ilustración 3-2:</b> Localización Geográfica de la empresa Corporiz S.A.....	15
<b>Ilustración 3-3:</b> Diagrama para la obtención de la bebida alcohólica a partir de la guayaba ....	17
<b>Ilustración 3-4:</b> Diagrama para los procesos previos de la guayaba.....	19
<b>Ilustración 3-5:</b> Esquema del procedimiento para extraer el jugo de la guayaba .....	24
<b>Ilustración 3-6:</b> Diagrama para el proceso de fermentación de jugo de guayaba.....	26
<b>Ilustración 3-7:</b> Diagrama del Proceso de destilación del fermento de Guayaba.....	27
<b>Ilustración 3-8:</b> Diagrama para la obtención de la bebida alcohólica a partir de la guayaba ...	28
<b>Ilustración 3-9:</b> Entalpías de Etanol-Agua para líquido saturado.....	39
<b>Ilustración 3-10:</b> Entalpías de Etanol-Agua para vapor saturado .....	40
<b>Ilustración 3- 11:</b> Ergonomía del contenedor de lavado.....	47
<b>Ilustración 3-12:</b> Ergonomía del contenedor de lavado.....	57
<b>Ilustración 3-13:</b> Ergonomía del contenedor de lavado.....	57
<b>Ilustración 3-14:</b> Curva etanol – agua en equilibrio .....	64
<b>Ilustración 3-15:</b> Curva etanol – agua en equilibrio con las distintas rectas. ....	68
<b>Ilustración 3-16:</b> Curva etanol – agua en equilibrio con el número de platos .....	69
<b>Ilustración 3-17:</b> Correlación de O’Connell para eficiencia total de columnas de destilación..	71
<b>Ilustración 3-18:</b> Cálculo del coeficiente 'k' según la metodología de McCabe para una columna de destilación.....	72

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** RESULTADOS DE LABORATORIO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL LICOR DE GUAYABA
- ANEXO B:** NORMA NTE INEN 1911:2009. FRUTAS FRESCAS. GUAYABA. REQUISITOS
- ANEXO C:** NORMATIVA NTE INEN 1932:1992-07. BEBIDAS ALCOHÓLICAS. LICORES DE FRUTAS. REQUISITOS
- ANEXO D:** MATERIA PRIMA
- ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN DE LA GUAYABA
- ANEXO F:** PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA GUAYABA
- ANEXO G:** PREPARACIÓN DEL LICOR DE GUAYABA

## RESUMEN

La producción de guayaba se realiza en cantidades limitadas ya que, de la totalidad de la fruta producida, el 10% se destina a la comercialización, mientras que el 90% restante se descarta por su alta perecibilidad. Esta situación es atribuible a las condiciones ambientales y prácticas de manejo, por lo tanto, el objetivo del presente proyecto fue el diseño de un proceso de producción industrial para obtener una bebida alcohólica de la guayaba descartada. En la metodología para la elaboración de este proyecto se aplicaron diferentes métodos, como el inductivo, deductivo y experimental, siendo el más importante el experimental, ya que se realizaron pruebas y experimentos manipulando las variables de proceso para determinar parámetros y condiciones de producción más adecuados para la obtención del licor. Además, se utilizaron las normativas técnicas ecuatorianas ya establecidas, NTE INEN 1911:2009 Frutas Frescas. Guayaba y NTE INEN 1932:1992-07 Bebidas Alcohólicas. Licores De Frutas. Mediante esta metodología, se obtuvieron resultados específicos para densidad de 1,005 Kg/L, pH de 4.66, humedad del 77.20%, cenizas totales de 1.05 g, sólidos totales de 9.66, acidez de 0.59 y un índice de madurez de 16.37. Estos parámetros contribuyeron a que la bebida alcohólica producida alcanzara los 15 °GL. En este contexto se concluye por el rendimiento del proceso 69,3% y el análisis de costos que, el proyecto es viable con una tasa de rendimiento del 15%, un TIR del 36% y un PR de 2 años y 7 meses, tiempo en el que la empresa generará ganancias y recuperará la inversión.

**Palabras Clave:** <GUAYABA (*Psidium guajava* L)>, <DISEÑO DE EQUIPO>, <FERMENTACIÓN>, <DESTILACIÓN>, <LEVADURA>.

1016-DBRA-UPT-2024



## ABSTRACT

Guava production is carried out in limited quantities since, out of the total fruit produced, 10% is destined for commercialization, while the remaining 90% is discarded due to its high perishability. This situation is attributable to environmental conditions and management practices; therefore, the objective of this project was the design of an industrial production process to obtain an alcoholic beverage from discarded guava. For the development of this project, different methods were applied in the methodology, such as inductive, deductive and experimental, being the most important the experimental, since tests and experiments were carried out by manipulating the process variables to determine the most appropriate production parameters and conditions for obtaining the liquor. In addition, the Ecuadorian technical standards already established, NTE INEN 1911:2009 Fresh Fruits. Guava and NTE INEN 1932: 1992-07 Alcoholic Beverages. Fruit Liquors. Through this methodology, specific results were obtained for a density of 1,005 Kg/L, pH of 4.66, humidity of 77.20%, total ash of 1.05 g, total solids of 9.66, acidity of 0.59 and a maturity index of 16.37. These parameters contributed to the alcoholic beverage produced reaching 15 °GL. In this context it is concluded by the process yield 69.3% and the cost analysis that, the project is viable with a rate of return of 15%, an IRR of 36% and a PR of 2 years and 7 months, time in which the company will generate profits and recover the investment.

**Key words:** <WATER YABA *tPsidium guajava* L>, <EQUIPMENT DESIGN>, <FERMENTATION>, <DISTILLATION>, <LEAVENING>.



---

Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

C.I.: 1103696132

## INTRODUCCIÓN

Las bebidas alcohólicas han sido una parte fundamental en las costumbres y tradiciones del Ecuador de tal manera que a lo largo de los años se han perfeccionado las recetas ancestrales las cuales integran ingredientes autóctonos como frutos y hierbas, práctica que ha ayudado a los productores de bebidas alcohólicas a generar un aumento en sus ingresos económicos.

La guayaba tiene una oportunidad de negocio alta, en productos como mermeladas, jarabes, postres, pero pocas industrias aprovechan esta fruta para producir bebidas alcohólicas destiladas es por eso por lo que se plantea el diseño de un proceso industrial para la elaboración de una bebida alcohólica a partir de la guayaba (*Psidium guajava L*) para ello se realizan diferentes procesos como son: la recepción de la materia prima, lavado, despulpado, trituración, filtración, fermentación, destilación.

El proceso de obtención de la bebida alcohólica debe realizarse de manera cuidadosa siguiendo las normativas de calidad alimentaria debido a que de esto depende el rendimiento global del proceso, en este proyecto se exploran diversas estrategias para el diseño de los equipos de manera que se maximice la eficiencia y calidad de cada proceso y al mismo tiempo mantener la seguridad y sostenibilidad.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del problema

La guayaba (*Psidium guajava* L) es una fruta originaria de las regiones tropicales o subtropicales como la costa y amazonia, principalmente de las provincias de Santa Elena, Pastaza, Napo, Esmeraldas, y Zamora Chinchipe, debido a que se adapta muy bien a las temperaturas altas, a los suelos pesados y arenosos además es tolerante a la salinidad. La problemática principal radica en que la guayaba es producida en cantidades limitadas debido a distintos factores, siendo el más importante la época del año en que se cultiva, que va desde mayo hasta agosto, lo que provoca una baja en los precios en el mercado además del total de la fruta producida, únicamente el 10% es utilizado para ser comercializada; mientras que el 90% restante se desperdicia por ser fácilmente perecible (Caiza, 2019, p. 1). En Ecuador, el bajo consumo de bebidas alcohólicas de origen frutal posibilita que las bebidas importadas de otros países ocupen un lugar importante en el mercado ecuatoriano a un precio inferior, para generar cambios se debe innovar en procesos industriales que ayuden al desarrollo socio económico del país (Aguirre, 2021, p. 3). Hoy en día el avance de las industrias nos permite obtener diferentes productos a partir de una misma materia prima cada uno con su característica peculiar, pero no hay muchas empresas que empleen la guayaba como materia prima para la obtención de productos y debido a la falta de explotación de esta fruta su demanda es escasa.

#### 1.2 Justificación del proyecto

Históricamente, las guayabas se consumen como fruto fresco, pero se procesan para hacer mermeladas, jugos, tartas y pasteles (Castelo et al., 2022, p. 57). La guayaba tiene una oportunidad de negocio amplia. Se necesita tecnificar los cultivos para los microempresarios y generar más investigaciones (Mex Álvarez et al., 2022, p. 3). Si bien es cierto que el mayor cultivo se observa en los hogares al dotar de más productos innovadores obtenidos de esta fruta hace que se utilice más de lo que se desecha. Es por eso que el propósito de este proyecto es generar una alternativa con la que se pueda obtener un valor agregado en la agroindustria de la Guayaba, esta idea gira en torno a que esta fruta juega un papel muy importante en la alimentación humana, ya sea como fuente de nutrientes, o como una base para el desarrollo de nuevos productos por lo que se propone realizar el proceso industrial para la obtención de licor de guayaba con la finalidad de que el

porcentaje de comercialización de esta fruta se eleve, aumentando el valor de este producto y permitiendo la creación de nuevos mercados.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

- Diseñar un proceso de producción industrial para la obtención de una bebida alcohólica a partir de la guayaba (*Psidium guajava L.*).

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Realizar la caracterización fisicoquímica de la materia prima mediante la norma NTE INEN 1911:2009. Frutas Frescas. Guayaba. Requisitos.
- Realizar el proceso de obtención de la bebida alcohólica cumpliendo con los estándares de seguridad alimentaria.
- Realizar los cálculos de ingeniería en función de las variables de diseño del proceso de obtención de la bebida alcohólica.
- Realizar la validación técnica y económica del proyecto mediante la normativa NTE INEN 1932:1992-07. Bebidas Alcohólicas. Licores De Frutas. Requisitos.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de investigación

Desde el punto de vista económico las bebidas alcohólicas representan un negocio con mucha demanda en Ecuador, de tal manera que el sector de los destilados siempre ha hecho un aporte importante directamente a la producción agrícola y alimentaria, utilizando estos productos como materia prima para la elaboración de bebidas alcohólicas.

La guayaba se cosecha en el estado de maduración adecuado porque tienen un color y sabor más agradable, ya que es una fruta que madura rápidamente después de su recolección por esta razón tiene una vida útil demasiado corta (Joshi et al., 2019, p. 2124). Independientemente de si se consumen frescas, enlatadas o congeladas para mantener su vida útil, la elaboración de licores es por lo general, un producto de valor añadido (Zameer et al., 2021).

Según (Yousaf et al., 2021, p. 53) el sabor de la fruta se debe evaluar principalmente en términos de salinidad, acidez, dulzura y amargura.

Según Heller & Einfalt, (2022, p. 1) la calidad de las bebidas alcohólicas depende de distintos factores, como la calidad de la fruta, fermentación, destilación, macerado, y envejecimiento.

En los últimos años las empresas de licores buscan nuevos productos que sean innovadores con los cuales puedan desarrollarse en un mercado emergente. La proporción de disolventes y frutas, tiempo de extracción y maduración, la concentración de alcohol puede originar licores con sabores y aromas distintos, y cuando existe una combinación de la cantidad de azúcar, grado alcohólico y aroma de la fruta puede dar un plus para que el licor sea aceptado por los consumidores (Filho et al., 2018, p. 32).

El objetivo de los productores de bebidas alcohólicas se centra en el desarrollo tanto del sabor como el contenido de alcohol. Varias industrias en estados unidos usan fermentaciones de alta gravedad para lograr más del 20% v/v de etanol (Walker & Walker, 2018, p. 18). Las fermentaciones con distintas frutas como cereza, mora, arándano, frambuesa entre otras crecen día con día debido a las nuevas necesidades de los consumidores a probar bebidas que difieren en sabor, olor, color, es por eso que la elección de las levaduras es una parte importante del proceso de fermentación

para obtener un producto de calidad. Las fermentaciones de alcoholes que no son de uva eran realizadas con *Saccharomyce cerevisiae*. Las no-*Saccharomyce* eran descartadas por no ser aptas para la elaboración de licores porque corría el riesgo de deteriorar la fermentación (Liu et al., 2018, p. 3).

Los estudios realizados por Filho et al. (2018, p. 1), demuestran que el perfil volátil de la fruta puede verse afectado por factores, tales como: el estado de madurez, temperatura de almacenamiento, variedad, origen y procesamiento. El licor es una bebida que contiene entre 15% a 54% v/v de alcohol a 20 °C, con un porcentaje de azúcar superior a 30 g/L.

En esta investigación se propuso crear un licor a partir de la guayaba el cual nos sumerge en un fascinante universo de aromas y sabores nuevos y exquisitos, mediante un análisis sensorial para evaluar distintos factores tales como sabor, aroma, textura y color, los cuales nos permitirán mejorar el producto final.

## **2.2 Referencias teóricas**

### **2.2.1 Guayaba**

#### *2.2.1.1 Generalidades*

Se denomina una fruta exótica por su sabor y propiedades únicas, pertenece a la familia de las mirtáceas, es un fruto característico con antioxidantes y con alto contenido de ácido ascórbico, compuestos fenólicos, carotenoides, triterpenos, pectina, fibra, fenoles, carotenoides, calcio, fósforo, y vitaminas A y C. El fruto es pequeño de 3 a 6 cm de largo y su forma depende de la variedad presente (redonda y ovalada) así como el color de la cascara (verde y amarillo) y su pulpa (rojo, amarillo, salmón), tiene un aroma intenso y una acidez variable, la pulpa tiene un sabor dulce y posee gran cantidad de semillas (Gupta et al., 2018, p. 14).

#### *2.2.1.2 Clasificación botánica*

Según Hussain et al. (2021, p. 257), en la Tabla 2-1

**Tabla 2-1:** Clasificación botánica de la guayaba observa la clasificación botánica de la guayaba.

**Tabla 2-1:** Clasificación botánica de la guayaba

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Familia</b>	Myrtaceae
<b>Subfamilia</b>	Myrtoideae
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Rosidae
<b>Genero</b>	Psidium
<b>Especies</b>	Guajava L
<b>Nombre Científico</b>	Psidium Guajava L

Fuente:(Hussain et al., 2021, p. 257)

Realizado por: Quispe P., 2023

### 2.2.1.3 *Composición de la fruta*

Se observa la composición de la guayaba por cada 100 g, rica en nutrientes beneficiosos para la salud que se detallan en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Composición de la guayaba por cada 100 g

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
Porción comestible	85 %	Zinc	0.2 mg
Energía	72 kcal	Magnesio	17 mg
Proteínas	2.55 g	Potasio	220 mg
Grasa	0.6 g	Folato	0.03 mg
Carbohidratos	14,3 g	Ácido Ascórbico	183 mg
lípidos	0.95 g	Tiamina	0.01 mg
Calcio	4.93 mg	Riboflavina	0.01 mg
Hierro	0.2 mg	Niacina	1.3 mg
Sodio	0.01mg	Vitamina C	99.20 mg
Fósforo	16 mg	Vitamina A	33.70 mg

Fuente:(Guallichico, 2022, pp. 48, 49)

Realizado por: Quispe P., 2023

### 2.2.2 *Propiedades de la guayaba*

En los estudios realizados por Yam et al. (2010, p. 76), la composición cambia dependiendo de la variedad, la estación climática, la madurez, la pulpa de guayaba rosada tiene propiedades fisicoquímicas descritas en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Propiedades fisicoquímicas de la guayaba

<b>Análisis</b>	<b>Rango</b>
Acidez (% ácido cítrico)	0.70
pH	3 - 4,47
Brix (° Bx)	8 ° Bx - 10 ° Bx
Humedad (%)	75 - 85
Densidad Kg/L	1,88
Fibra (%)	3 – 7
Cenizas Totales (g)	0,73
Índice de madurez	9.38 – 17.94

Fuente:(Yam et al., 2010, p. 76)

Realizado por: Quispe P., 2023

#### 2.2.2.1 Producción de la guayaba

En Ecuador la guayaba es producida en las provincias con climas cálidos como Esmeraldas, Zamora Chinchipe, Orellana, Napo, Pastaza, además de que su producción se ha extendido a la provincia de Tungurahua. La etapa de floración se da entre los meses de enero a abril y su producción comprende entre los meses de mayo a agosto, por cada 200 hectáreas se obtiene alrededor de 35 toneladas de producción de la cual solo el 10 % de la fruta es apta para ser comercializada, mientras que el otro 90% es desperdiciado por ser fácilmente perecible (Caiza, 2019, p. 1). El árbol puede crecer de 3 a 10 m de altura, formando troncos de 30 o más cm de diámetro (Fischer & Melgarejo, 2021, p. 527).

#### 2.2.2.2 Utilidades de la guayaba

Según los estudios realizados por (Yousaf et al., 2021, p. 51) esta fruta tiene un gran potencial nutraceútico:

- Es una fuente rica en ácido ascórbico el cual es un antioxidante potente.
- Sirve para tratar resfriados, combatir la anemia, el escorbuto, la infertilidad, cicatrizar heridas.

Según estudios de Da Silva et al. (2021, p. 2), contiene una alta proporción de antocianinas, que eliminan los radicales libres y sustancias reactivas que están involucradas en la formación de enfermedades como la aterosclerosis.

- Es una fuente de fibra, que ayuda parcialmente a reducir el colesterol y la obesidad.

- Previene una serie de enfermedades entre ellas están las gastrointestinales y cardiovasculares.
- Ayuda a prevenir el nivel de glucosa en la sangre.

Según los estudios realizados por Gupta et al. (2018, p. 3), todas las partes de la guayaba como hojas, frutas, flores, semillas y raíces son ampliamente utilizadas en distintos países para tratar la diarrea, los trastornos menstruales, problemas de la piel, malaria, reumatismo.

Según las explicaciones de Hussain et al. (2021, p. 265), el consumo de guayaba disminuye parcialmente el riesgo de la pérdida de visión por degeneración, además revierte la formación de cataratas debido a que contiene sustancias nutraceuticas como: vitamina A, licopeno y  $\beta$ -caroteno, entre otras.

### **2.2.3 *Bebida alcohólica***

Una bebida alcohólica se define como aquella que contiene etanol de forma natural o añadida y que tiene una concentración igual o superior al 1% de su volumen. Se enlistan tres clases bebidas alcohólicas: destiladas, no destiladas y maceradas (Aguirre, 2021, p. 17).

#### **2.2.3.1 *Bebida alcohólica destilada***

Las bebidas destiladas se obtienen al eliminar parte del agua que se encuentra en las bebidas fermentadas mediante un proceso llamado destilación, el cual involucra la aplicación de calor. Este proceso se basa en la distinción de los puntos de evaporación del agua y del alcohol, debido a que el alcohol se evapora a 78 °C y el agua a 100 °C. De esta manera, las bebidas destiladas tienen un mayor contenido de alcohol en comparación con las bebidas fermentadas (Aguirre, 2021, p. 17).

Según los estudios realizados por Aguirre (2021, p. 17), se puede dividir en tres grupos principales a las bebidas alcohólicas que en su elaboración se tiene el proceso de destilación.

#### **2.2.3.2 *Licores***

Se elabora a partir de la mezcla o destilación del alcohol etílico neutro rectificado o del licor de caña rectificado, y se le pueden añadir aditivos alimentarios aprobados. La bebida puede ser elaborada mediante diferentes técnicas como la percolación, la maceración, la destilación o la

infusión, y frecuentemente se le agrega azúcar o miel como edulcorante, y colorantes autorizados para darle color (Aguirre, 2021, p. 18).

- **Licor seco:** Es un líquido cuyo contenido de azúcar alcanza un máximo de 50 g por cada litro.
- **Licor semiseco:** Es un líquido que contiene entre 51 y 100 g de azúcar por cada litro.
- **Licor dulce:** Es un líquido que contiene azúcar en una cantidad que va desde 101 hasta 250 g por litro.
- **Licor crema:** Es un líquido espeso cuyo contenido de azúcar es mayor a 251 g por litro.
- **Licor escarchado:** Es una bebida que tiene una cantidad excesiva de azúcar y en el que se puede observar la aparición de cristales de azúcar.
- **Aguardiente:** Es una bebida que no debe tener un sabor distintivo, excepto por el sabor de las materias primas utilizadas en su elaboración, siempre y cuando estas sean de origen agrícola (Black & Walker, 2023, p. 2).

#### **2.2.4 *Bebidas aperitivas***

Esta bebida, que se consume comúnmente como un estimulante del apetito, se puede obtener indistintamente mediante la destilación del alcohol mezclado con varias hierbas amargas y sustancias aromáticas (Aguirre, 2021, p. 18).

#### **2.2.5 *Bebida alcohólica no destilada***

Se trata de bebidas que requieren de un proceso de fermentación de azúcares presentes en cereales y frutas, que contienen un grado alcohólico que oscila entre cuatro y quince grados *Gay-Lussac* ( $^{\circ}GL$ ), como es el caso de la cerveza y el vino (Aguirre, 2021, p. 17).

#### **2.2.6 *Bebida alcohólica macerada***

Se trata de bebidas alcohólicas que tienen saborizantes añadidos, los cuales son frutas o hierbas seleccionadas. Después, se mezclan y se maceran con alcohol o con bebidas alcohólicas de alta graduación, y se combinan con sustancias dulces para crear una bebida de sabor dulce (Aguirre, 2021, p. 18).

### 2.2.7 *Fermentación*

Es un proceso donde se da la transformación de los azúcares tales como la fructosa, glucosa, y maltosa; en etanol y dióxido de carbono, generando productos que son aprovechados industrialmente como las bebidas alcohólicas (López de la Maza et al., 2019, p. 12).

#### 2.2.7.1 *Fermentación alcohólica*

Este tipo de fermentación es un proceso anaeróbico que se realiza con levaduras, mediante esta fermentación se obtiene etanol y dióxido de carbono (Hoffmeister & Ziegler, 2022, p. 7).

La fermentación alcohólica se realiza bajo la influencia de las enzimas que son producidas por la levadura, las cuales descomponen el azúcar (por ejemplo, del jugo de frutas) en etanol (alcohol etílico) y monóxido de carbono, es usada en la producción de cerveza, vino y bebidas alcohólicas de alta graduación (Galazka, 2020, p. 1).

#### 2.2.7.2 *Fermentación láctica*

Según los estudios realizados por (Galazka, 2020, p. 1) en el proceso de fermentación láctica anaeróbica se forma el ácido láctico al igual que productos como el kéfir, el queso, los pepinos en escabeche, se obtiene a partir de esta fermentación que se obtiene por la acción de bacterias como *Lactobacillus*.

Por el contrario Strnad & Satora (2019, p. 1), sostiene que la fermentación láctica ocurre en dos fases. En la primera fase, llamada hetero fermentación, se crea no solo ácido láctico, sino también diferentes compuestos como el ácido acético. Luego en la fase homo fermentativa, se crean las condiciones óptimas para el desarrollo del microbiota adecuado, garantizando el correcto desarrollo del proceso.

#### 2.2.7.3 *Fermentación butírica*

Se produce en ausencia total de oxígeno y es llevada a cabo por diversas bacterias anaeróbicas del género *Clostridium*, siendo *C. butyricum* y *C. pasteurianum* los más comunes. Además, dicha fermentación se basa en la fermentación de carbohidratos, la cual se transforma en ácido pirúvico, que posteriormente experimenta descarboxilación para formar acetyl-CoA. Sucede gracias a la acción de una enzima llamada piruvato, que acelera la reacción química involucrada y es esencial para el proceso (Лысак, 2022).

#### 2.2.7.4 *Fermentación acética*

En este proceso el alcohol etílico experimenta una oxidación se lleva a cabo mayormente mediante una transformación producida por un agente biológico (*Acetobacter*), y esta transformación conlleva una reacción exotérmica. Existen varios factores que suelen tener un papel importante como son la presencia de bacterias, la temperatura, la densidad del líquido fermentado, la concentración de alcohol etílico y ácido acético, la concentración de oxígeno disuelto en la mezcla, también la concentración total de todos los compuestos presentes (Córdova et al., 2022, p. 82,83).

### 2.2.8 *Factores que influyen en la fermentación*

#### 2.2.8.1 *° Brix*

Según los estudios realizados por Paqui (2019, p. 31), los grados Brix son una medida del porcentaje de sacarosa en una solución de azúcar pura y se pueden interpretar como el porcentaje de materia sólida o sólidos disueltos en un líquido de azúcar puro, los grados brix se pueden medir con la ayuda de un refractómetro.

Por el contrario Arteaga et al. (2019, p. 756), sostiene que es esencial tener en cuenta que los grados ° Brix son proporcionales a los grados alcohólicos. Si los grados ° Brix son altos se tendrán grados alcohólicos más elevados, mientras que si los grados ° Brix son bajos los grados alcohólicos serán bajos. Hay que tener un exhaustivo control de los grados ° Brix debido a que si los grados estos son muy altos se perderán los sabores.

#### 2.2.8.2 *Acidez*

El nivel de acidez de una fruta nos muestra la cantidad de ácidos libres que hay en un alimento, para el proceso de fermentación de jugos a base de frutas, es un factor crucial debido que sirve para determinar la calidad de la fruta debido a que mediante esta se conoce el nivel de maduración del fruto, para saber el nivel de acidez se calcula mediante una técnica de medición de volumen (Paqui, 2019, p. 31)

### 2.2.8.3 *Levaduras*

Según los estudios realizados por Black & Walker (2023, p. 7), las levaduras son organismos unicelulares que se utilizan ampliamente en la industria. La especie más comúnmente utilizada en la fermentación de bebidas alcohólicas es *S. cerevisiae*. Aunque otras especies de levaduras como *Schizosaccharomyces pombe* y *Kluyveromyces marxianus*, también se han utilizado en la producción de bebidas, las diversas cepas de *S. cerevisiae* se han seleccionado específicamente para diferentes aplicaciones en la producción de bebidas fermentadas. El tipo de sustrato fermentable utilizado en la producción de licores neutros influye significativamente en las características fisiológicas y bioquímicas de una cepa de levadura específica empleada en el proceso. Tales sustratos pueden ser elaborados a partir de azúcar (por ejemplo, melaza) o de almidón.

### 2.2.8.4 *Temperatura*

Según los estudios realizados por Aguirre (2021, p. 20), El aumento de la temperatura hace que las diferencias relativas de las volatilidades entre los componentes de una mezcla disminuyan, mientras que la reducción de la temperatura incrementa estas diferencias. Por el contrario Rivera et al. (2021, p. 133), sostiene que una temperatura donde se pueden desarrollar las levaduras es 20 °C. La temperatura es inversamente proporcional a la fermentación, es decir que si tenemos una temperatura baja el proceso de fermentación será rápido, y al contrario si tenemos temperaturas altas el proceso de fermentación será lento.

### 2.2.9 *Destilación*

La destilación es la operación unitaria más usada para separar mezclas de líquidos. Su funcionamiento se basa en lograr un equilibrio entre la fase líquida y de vapor, donde los componentes más ligeros se encuentran en la fase gaseosa mientras que los más pesados permanecen en la fase líquida. El objetivo de este proceso es obtener cada componente de la mezcla con la mayor pureza posible. Es una técnica en la que la temperatura se debe variar de manera natural con el fin de separar uno o varios componentes de un líquido que están presentes juntos, además es ampliamente utilizada en diversas industrias como, la desalinización del agua, la producción de bebidas alcohólicas como cerveza o vino y la refinación de petróleo (Aguirre, 2021, p. 19).

### 2.2.9.1 *Destilación simple*

Es un procedimiento que consiste en separar una mezcla de dos líquidos con puntos de ebullición diferentes mediante un ciclo de vaporización - condensación. La presión del vapor de los líquidos mezclados depende de la composición de los componentes y se utiliza la destilación simple cuando hay una gran diferencia en la presión del vapor. Durante el proceso de destilación, la temperatura permanece constante hasta que se produce la vaporización (Seroor, 2021, p. 3).

Según Bolon (2022, p. 2), si la diferencia de los puntos de ebullición de dos líquidos es menor de 40-50 °C, no se podrá separar adecuadamente mediante el método de destilación simple. En tal caso, es necesario aplicar la técnica de destilación fraccionada.

### 2.2.9.2 *Destilación fraccionaria*

Es un proceso en el que se llevan a cabo múltiples ciclos de vaporización/condensación en una sola columna de destilación. En cada ciclo, el vapor se enriquece en el componente más volátil siendo este el que tiene el punto de ebullición más bajo. Para asegurarse de que solo se destile el líquido de menor punto de ebullición, se debe calentar el destilador lentamente para lograr una mayor diferencia de temperatura. Durante el proceso de reflujo, la mayor parte del vapor producido se condensará y regresará al destilador en forma líquida. Por lo tanto, es importante ajustar la temperatura del calentador del destilador para que el vapor tenga suficiente energía para subir por la columna y volver a condensarse en el destilador (Bolon, 2022, p. 3)

### 2.2.9.3 *Destilación con rectificación*

Es una destilación que se usa para obtener sustancias con un alto grado de pureza en grandes cantidades. Si el destilado obtenido se vuelve a destilar se obtiene un nuevo destilado con mayor concentración de componentes volátiles (Prakash, 2023, p. 295)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Localización del proyecto

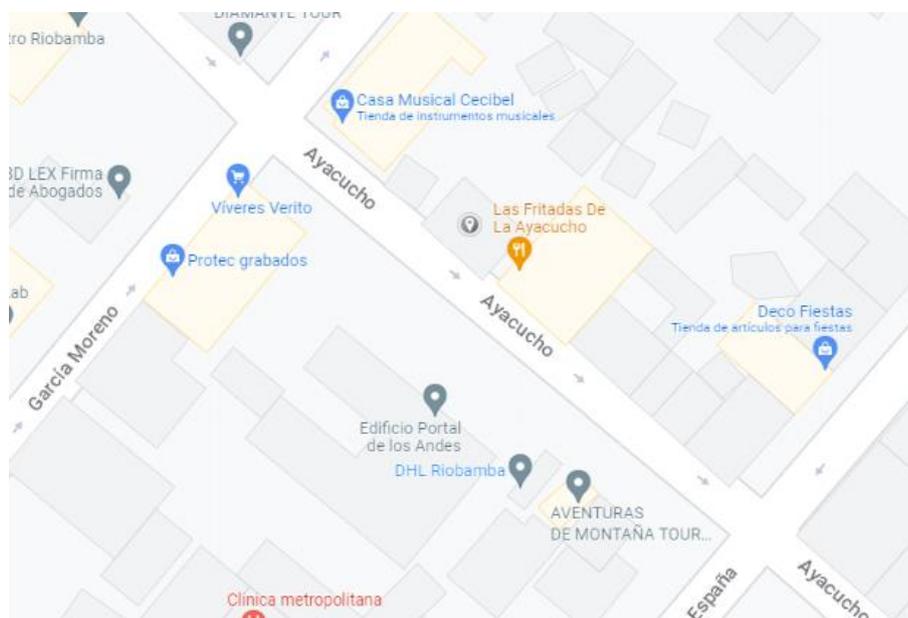
El principal beneficiario de este proyecto es la empresa Corporiz. S.A la cual está localizada en la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo, con dirección, y coordenadas que se muestran en la Tabla 1-3, Ilustración 3-1 e Ilustración 3-2.

**Tabla 3-1:** Ubicación geográfica de la empresa Corporiz S

<b>Latitud</b>	-1.668089
<b>Longitud</b>	78.648427
<b>Altitud</b>	2762 msnm
<b>Ubicación</b>	Ayacucho entre España y García Moreno
<b>Clima</b>	8°C – 19°C

Fuente: Google Earth, 2023.

Realizado por: Quispe P., 2023



**Ilustración 3-1:** Mapa de la empresa Corporiz S.A

Fuente: Google Earth, 2023

Realizado por: Quispe P., 2023



**Ilustración 3-2:** Localización Geográfica de la empresa Corporiz S.A

**Fuente:** Google Earth, 2023

**Realizado por:** Quispe P., 2023

## 3.2 Tipo de estudio

### 3.2.1 *Estudio exploratorio*

Con base en la revisión de la literatura existente, se lleva a cabo un examen de los antecedentes sobre la producción de bebidas alcohólicas a partir de la guayaba. El estudio incluye un análisis de la materia prima recolectada en la ciudad de Baeza, seguido de la identificación de variables y la elaboración del diseño de proceso, que abarca la determinación de operaciones previas y posteriores al proceso.

### 3.2.2 *Estudio experimental*

El procedimiento que hay que seguir para producir una bebida alcohólica a partir de la guayaba abarca desde la recepción de la materia prima, el cual debe cumplir con criterios específicos, para la fermentación y destilación. Durante la fase de cálculos, se toman en cuenta aspectos como el establecimiento del balance de masa y de energía para el proceso, el diseño del destilador, fermentador y otros equipos secundarios para la obtención de alcohol, así como las condiciones de experimentación mediante cálculos de ingeniería.

### **3.3 Métodos y técnicas**

#### **3.3.1 Métodos**

En la elaboración de este proyecto se realizaron los métodos Inductivo, Deductivo y Experimental, para alcanzar los objetivos deseados en el diseño del proceso industrial para la elaboración de guayaba.

##### **3.3.1.1 Método inductivo**

Con este método se analizan las condiciones y el proceso para la obtención del licor de guayaba, a través de la observación y el análisis de los datos obtenidos, con los cuales se podrán identificar los pasos y las variables para optimizar el proceso industrial, así como las posibles mejoras que podrían implementarse en el diseño del proceso.

##### **3.3.1.2 Método deductivo**

En este método se incluye conocimientos científicos y técnicos relacionados con la producción de licores para obtener una eficiencia en la producción y seguridad alimentaria de acuerdo con la normativa técnica mediante pruebas y experimentos que permitirán evaluar la viabilidad y eficacia del proceso propuesto.

##### **3.3.1.3 Método experimental**

En este método se realizaron pruebas y experimentos para determinar los mejores parámetros y condiciones de producción. En el diseño experimental se incluye, la variación de las proporciones de ingredientes, la temperatura y el tiempo de fermentación, entre otros factores relevantes que permitieron obtener un producto de buena calidad minimizando los costos y tiempos de producción.

#### **3.3.2 Técnicas**

Para realizar la producción del licor de guayaba, se utilizaron múltiples técnicas que fueron establecidas por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN.

- Normativa NTE INEN 1911:2009. Frutas Frescas. Guayaba. Requisitos.

- Normativa NTE INEN 1932:1992-07. Bebidas Alcohólicas. Licores De Frutas. Requisitos.

### 3.3.3 Equipos y materiales

En la Tabla 2-3 se especifican los materiales y equipos necesarios para la obtención de datos para la elaboración del proyecto.

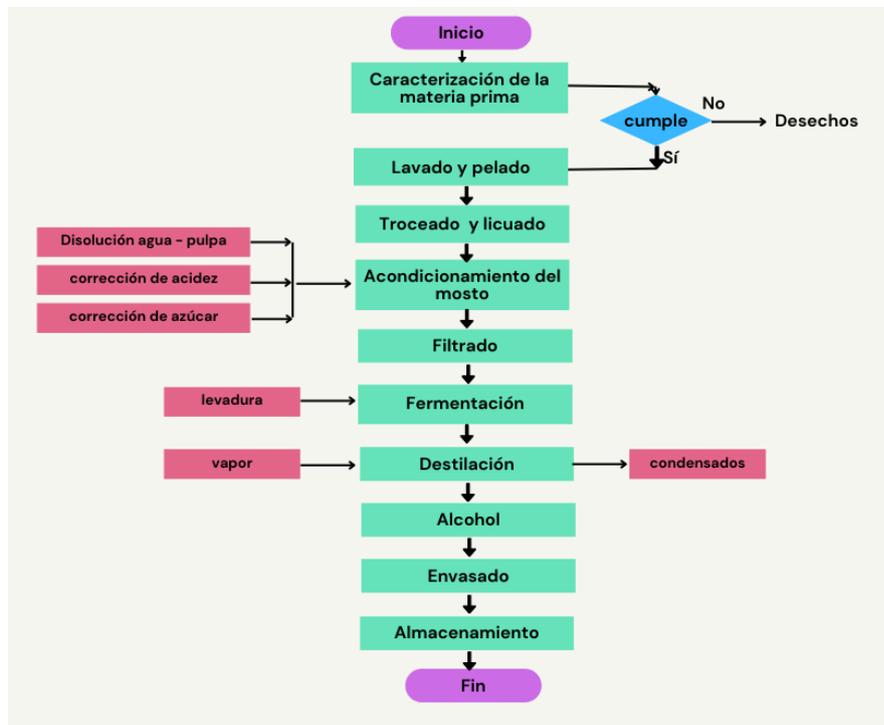
**Tabla 3-2:** Materiales y Equipos

Equipos	Materiales
Columna de destilación	Alcoholímetro
Fermentador	pHmetro
Mesa de acero inoxidable	Probetas
Licuada industrial	Refractómetro
	Cuchillo
	Vasos de precipitación

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.3.4 Procedimiento

En la Ilustración 3-3 se detalla el proceso para obtener licor de guayaba.



**Ilustración 3-3:** Diagrama para la obtención de la bebida alcohólica a partir de la guayaba

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.4 Variables de proceso

**Tabla 3-3:** Variable del proceso para la obtención de licor de guayaba.

Variables	Tipo de variable		Instrumento de medida	Parámetros
Guayaba	Dependiente	Grado de madurez	Visual	6 meses
Lavado	Independiente	Cantidad de guayaba	Balanza	20Kg
Triturado	Dependiente	Tiempo	Cronómetro	15 min
	Independiente	Cantidad de Guayaba para triturar	Balanza	17,39 Kg
Activación de levaduras	Dependiente	Tiempo	Cronometro	25 a 30 min
		Temperatura	Termómetro	30 °C
	Independiente	Cantidad de levadura usada	Balanza	22,20 g
Fermentación	Dependiente	Tiempo	Cronometro	360 h
		Temperatura	Termómetro	15-25 °C
Destilación	Dependiente	Tiempo	Cronometro	16 h
		Temperatura	Termómetro	78 °C

Realizado por: Quispe P., 2023

#### 3.4.1 Parámetros de la pulpa y jugo de guayaba

En la Tabla 3-4 se especifica los parámetros que permiten medir las características contenidas en las frutas.

**Tabla 3-4:** Parámetros que debe tener la pulpa y jugo de Guayaba

Parámetros
Solidos totales/ °Brix
Acidez
pH
Densidad
Temperatura
Índice de refracción
Acidez Titulable

Fuente: Espoch, Lab. De Bromatología

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.5 Parte experimental

#### 3.5.1 Obtención del extracto de guayaba

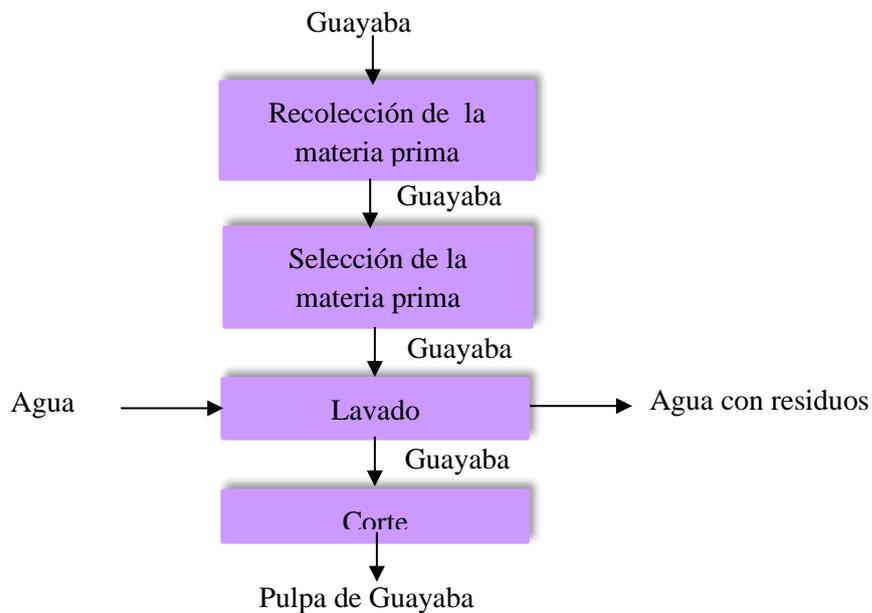
##### 3.5.1.1 Procesos previos de la materia prima

La guayaba para ser procesada debe pasar por un proceso previo para eliminar cualquier impureza que pueda haber sido adquirida del suelo en el momento de su cosecha, en la Tabla 3-5 se indican los diferentes procesos.

**Tabla 3-5:** Procesos realizados a la materia prima

Proceso	Descripción
Recolección de la materia prima	Se recolectan 20 kg de guayaba de la zona Baeza-Quijos de los pequeños productores
Selección de la materia prima	Después de recolectar las guayabas, se lleva a cabo un proceso de selección y eliminación de cualquier impureza que pueda contener o fruto en mal estado.
Lavado	Las guayabas fueron lavadas con abundante agua para eliminar cualquier suciedad y posibles restos de tierra.
Corte	La guayaba se pela, eliminando toda la cascara de la fruta.

Realizado por: Quispe P., 2023



**Ilustración 3-4:** Diagrama para los procesos previos de la guayaba

Realizado por: Quispe, Pamela, 2023

### 3.5.1.2 Caracterización de la guayaba.

Los análisis para caracterizar la materia prima se realizaron en el laboratorio de Bromatología y en el laboratorio de procesos industriales, según los lineamientos de la norma NTE INEN 1911:2009. Frutas Frescas. Guayaba. Requisitos.

Las pruebas realizadas fueron: determinación del calibre, determinación de acidez titulable, densidad, sólidos totales, índice de refracción, como se indican en la Tabla 3-6, Tabla 3-7, Tabla 3-8, Tabla 3-9, Tabla 3-10, Tabla 3-11 y Tabla 3-12.

**Tabla 3-6:** Determinación del calibre de la guayaba

<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Calibrador</li> <li>✓ Balanza</li> </ul>
<b>Proceso</b>	<p>Se mide el diámetro de la sección ecuatorial del fruto con un calibrador y el resultado se expresa en milímetros (mm).</p> <p>Se pesa el fruto en la balanza y el resultado debe expresarse en gramos (g)</p>
<b>Datos</b>	<p>g= gramos de la guayaba</p> <p>d= diámetro de la guayaba</p>

Fuente: Espoch, Lab. De Procesos Industriales

Realizado por: Quispe P., 2023

**Tabla 3-7:** Determinación de la acidez titulable de la guayaba

<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Balanza analítica</li> <li>✓ Potenciómetro</li> <li>✓ Mortero</li> <li>✓ Matraz Erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup></li> <li>✓ Bureta</li> </ul>
<b>Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Hidróxido de sodio</li> <li>✓ Solución buffer</li> </ul>
<b>Proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fraccionar en partes pequeñas la muestra, eliminando las semillas</li> <li>✓ Triturar la muestra en el mortero.</li> <li>✓ Pesar 25 g de muestra y pasar a un matraz enlermeyer.</li> <li>✓ Añadir 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada caliente y mezclar hasta obtener un líquido de aspecto uniforme.</li> <li>✓ Mezclar y filtrar.</li> <li>✓ Transferir el contenido a un matraz volumétrico de 250 cm<sup>3</sup></li> <li>✓ Calibrar el potenciómetro usando la solución buffer.</li> <li>✓ Lavar el electrodo varias veces con agua destilada hasta que el pH sea de 6.</li> <li>✓ Añadir el NaOH gota a gota agitando hasta alcanzar un pH de 6</li> <li>✓ Registrar el volumen de NaOH utilizado en la titulación.</li> </ul>
<b>Datos</b>	$A = \frac{V1N1M}{V2}$ <p>Donde:</p>

	<p>A = g de ácido por 100 g de producto.  V1 = <math>cm^3</math> de NaOH  N1 = Normalidad de la solución de NaOH  M = peso molecular del ácido considerado como referencia.  V2 = volumen de la alícuota.</p>
--	---

Fuente: EPOCH, Lab. De Procesos Industriales

Realizado por: Quispe P., 2023

**Tabla 3-8:** Análisis de sólidos totales para guayaba

<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Refractómetro</li> <li>✓ Vaso de precipitación de <math>250\text{ cm}^3</math></li> <li>✓ Agua destilada</li> </ul>
<b>Proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cortar la muestra en trozos pequeños y eliminar semillas</li> <li>✓ Pesar 25 g de muestra en el vaso de precipitación</li> <li>✓ Colocar <math>100\text{ cm}^3</math> de agua destilada y agitar constantemente.</li> <li>✓ Reposar por 20 min y filtrar en un recipiente seco.</li> <li>✓ Calibrar el refractómetro y colocar 3 gotas de la muestra preparada en el mismo.</li> <li>✓ Leer el índice de refracción o el porcentaje en masa de sacarosa.</li> </ul>
<b>Datos</b>	$N_D^{20} = N_D^t + 0,00013(t - 20)$ <p>Donde:  <math>N_D^{20}</math> = Índice de refracción a <math>20\text{ }^\circ\text{C}</math>  <math>N_D^t</math> = Índice de refracción a la temperatura que se efectuó el ensayo.  T = temperatura a la que se realizó el ensayo</p> $\frac{P * M1}{M0}$ <p>Donde:  P = % (m/m) de sólidos solubles en la solución diluida.  M0 = masa de la muestra antes de la dilución (g)  M1 = masa de la muestra después de la dilución (g)</p>

Fuente: EPOCH, Lab. De Procesos Industriales

Realizado por: Quispe P., 2023

**Tabla 3-9:** Determinación del índice de madurez para guayaba.

Se obtiene de la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales y el valor máximo de la acidez titulable.
$\text{Índice de madurez} = \frac{S.S.T}{\text{Acidez titulable}}$

Fuente: EPOCH, Lab. De Procesos Industriales

Realizado por: Quispe P., 2023

**Tabla 3-10:** Determinación de la densidad de la guayaba

<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Probeta de 10 ml</li> <li>✓ Balanza analítica</li> <li>✓ Picnómetro</li> </ul>
<b>Proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se pesa el picnómetro previamente tarado (4 horas en la estufa a 105 °C) y desecado hasta obtener un valor constante.</li> <li>✓ Se toma la muestra en una probeta de 10 ml.</li> <li>✓ Se deben agregar los 10 ml al picnómetro.</li> <li>✓ Se utilizó una balanza para pesar el picnómetro con la muestra.</li> </ul>
<b>Datos</b>	$\rho = \frac{P2 - P1}{Vp}$ <p>Donde:  <math>\rho</math> = densidad (g/ml)  P1 = Peso del picnómetro vacío.  P2= Peso del picnómetro con la muestra de ensayo.  Vp = Volumen del picnómetro.</p>

Fuente: EPOCH, Lab. De Procesos Industriales

Realizado por: Quispe P., 2023

**Tabla 3-11:** Determinación de la humedad de la guayaba

<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Crisol</li> <li>✓ Balanza analítica</li> <li>✓ Cronometro</li> <li>✓ Mufla</li> </ul>
<b>Proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se lavan los crisoles y se taran a 10 °C en la mufla por 30 min.</li> <li>✓ Se deja secar el crisol por 20 min en el desecador</li> <li>✓ Posteriormente se pesa el crisol y se registra el peso</li> <li>✓ Se coloca 5 g de guayaba en el crisol y se pesa en la balanza.</li> <li>✓ Se coloca la muestra en la mufla a 103 °C por 2 horas y 30 min.</li> <li>✓ Transcurrido el tiempo se retira la muestra de la mufla y se registra el peso.</li> <li>✓ Finalmente se realiza el cálculo de la humedad con los pesos registrados.</li> </ul>
<b>Datos</b>	$SS\% = \frac{(m_2 - m)}{(m_1 - m)} * 100$ $\% \text{ Humedad} = 100 - \%SS$ <p>Donde:  SS% = sustancia seca en porcentaje  m = Masa del crisol vacío (g)  m1 = Masa del crisol con la muestra de ensayo (g)  m2= Masa del crisol con la muestra después del calentamiento (g).</p>

Fuente: EPOCH, Lab. De Procesos Industriales

Realizado por: Quispe P., 2023

**Tabla 3-12:** Determinación de las cenizas totales de la guayaba

<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Crisol</li> <li>✓ Mufla</li> <li>✓ Balanza analítica</li> <li>✓ Reverbero</li> <li>✓ Pinzas</li> </ul>
<b>Proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se pesa el crisol previamente tarado por 4h a 105 °C.</li> <li>✓ Se pesa 5 ml de muestra en el crisol</li> <li>✓ Se coloca el crisol en el reverbero hasta carbonizar la muestra.</li> <li>✓ Posteriormente se coloca el crisol en la mufla por 2h a 500 °C.</li> <li>✓ Se saca la muestra y se deja enfriar en el desecador hasta alcanzar una temperatura ambiente.</li> <li>✓ Se pesa el crisol.</li> <li>✓ Finalmente se realiza el cálculo de la humedad con los pesos registrados.</li> </ul>
<b>Datos</b>	$C\% = \frac{(m_2 - m_c)}{(m_1 - m_c)} * 100$ <p>Donde:  C% = Cenizas totales (%)  <math>m_c</math> = Masa del crisol vacío (g)  <math>m_1</math> = Masa del crisol con la muestra de ensayo (g)  <math>m_2</math> = Masa del crisol con la ceniza (g)</p>

Fuente: Espoch, Lab. De Bromatología

Realizado por: Quispe P., 2023

3.5.1.3 *Normativa para la caracterización fisicoquímica de la materia prima*

En la Tabla 3-13 se especifica la normativa INEN 1911: 2009. Frutas Frescas. Guayaba. Requisitos donde se establece las siguientes propiedades fisicoquímicas de la fruta.

**Tabla 3-13:** Caracterización fisicoquímica de la guayaba

	<b>Madurez fisiológica</b>		<b>Madurez comercial</b>		<b>Normativa</b>
<b>GUAYABA BLANCA</b>					
<b>Acidez titulable % (ácido cítrico)</b>	-	<0.40	0.40	0.50	NTE INEN 381
<b>Sólidos solubles totales ° Brix</b>	-	<10.0	10.0	-	NTE INEN 380
<b>Índice de madurez (° Brix/acidez)</b>	-	<20	20	-	-
<b>GUAYABA ROSADA</b>					
<b>Acidez titulable % (ácido cítrico)</b>	-	<0.40	0.40	0.60	NTE INEN 381

<b>Sólidos solubles totales ° Brix</b>	-	<8.0	8.0	-	NTE INEN 380
<b>Índice de madurez (° Brix/acidez)</b>	-	<13.0	13.0	-	-

Fuente: INEN. (2009). Frutas Frescas. Guayaba. Requisitos. Disponible en: <https://studylib.es/doc/6221557/nte-inen-1911--frutas-frescas.-guayaba.-requisitos>

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.5.1.4 Extracción y filtrado del jugo de guayaba

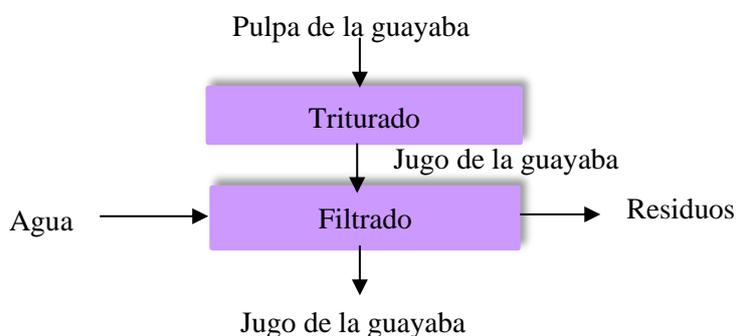
Para extraer el jugo de la pulpa de guayaba se emplea una licuadora industrial y se sigue el proceso indicado en la Tabla 3-14, se obtiene 44,39 L de jugo y 4,46 Kg de bagazo.

**Tabla 3-14:** Proceso para obtener el jugo de guayaba

Proceso	Descripción
Triturado	Se procesa la pulpa de guayaba en la licuadora con el fin de obtener su jugo.
Filtrado	Se filtra el jugo resultante del triturado de la guayaba para separar el bagazo y las impurezas.

Fuente: Espoch, Lab. De Procesos Industriales

Realizado por: Quispe P., 2023



**Ilustración 3-5:** Esquema del procedimiento para extraer el jugo de la guayaba

Realizado por: Quispe P., 2023

## 3.5.2 Obtención de alcohol

### 3.5.2.1 Fermentación

La fermentación del extracto obtenido después del proceso de caracterización de la guayaba se realiza utilizando la levadura *Saccharomyces Cerevisiae*. Es esencial activar la levadura LALVIN EC - 1118, que es de tipo seco, antes de su incorporación, como se indica en la Tabla 3-15. Dicha levadura se añade a al jugo para iniciar la fermentación, y se deja reposar durante un período

determinado. Se llevan a cabo mediciones de los niveles de °Brix, el índice de refracción, el pH mediante la metodología de Tabla 3-16, Tabla 3-17. Además, del contenido de alcohol a lo largo del proceso de fermentación.

**Tabla 3-15:** Determinación de grados brix e índice de refracción

<b>Equipos y Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Refractómetro</li> <li>✓ Vaso de precipitación</li> <li>✓ Varilla de agitación</li> <li>✓ Pipeta Pasteur</li> </ul>
<b>Reactivos</b>	✓ Muestra
<b>Proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se calibra el equipo (colocando una gota de agua destilada, y se cierra la tapa hasta que el equipo este calibrado, se limpia con una toalla absorbente).</li> <li>✓ Con la pipeta Pasteur se toma una gota de muestra, para colocarla en la superficie del equipo.</li> <li>✓ Se presiona en el botón de inicio hasta que el equipo calcule los valores.</li> <li>✓ Se registran los grados brix y el índice de refracción.</li> </ul>
<b>Cálculo para la rectificación de ° Brix</b>	$\frac{(Bx_i - Bx_r) * V}{100 \frac{g}{ml}}$ <p>Donde:  <math>Bx_i</math> = Brix ideal  <math>Bx_r</math> = Brix real  <math>V</math> = Volumen del mosto (ml)</p>

Fuente: Espoch, Lab. De Biotecnología.

Realizado por: Quispe P., 2023

**Tabla 3-16:** Proceso de activación de la levadura

<b>Equipos y Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vaso de precipitación de 100 ml</li> <li>✓ Barrilla de agitación</li> <li>✓ Termómetro</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>
<b>Reactivos</b>	Levadura LALVIN EC – 1118
<b>Proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se requiere agregar 0,50 g de levadura por cada litro de mosto, dando un total de 22,20 g de levadura para 44,39 L.</li> <li>✓ Se toma una muestra de mosto en el vaso de precipitación.</li> <li>✓ A 35 °C de temperatura, se coloca la levadura pesada.</li> <li>✓ Se agita y se deja reposar por 20 min evitando que disminuya la temperatura.</li> <li>✓ Luego se agrega al mosto y se deja reposar, procurando que no exista salida de CO<sub>2</sub> y evitando que ingrese O<sub>2</sub> durante el proceso de fermentación.</li> </ul>

Fuente: Espoch, Lab. De Biotecnología.

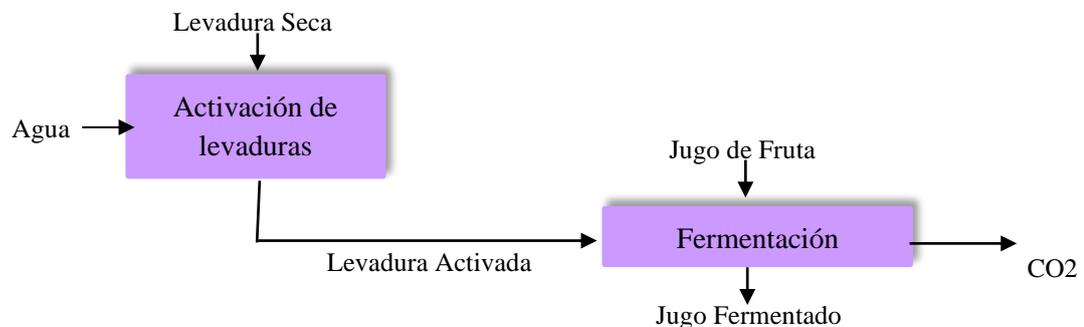
Realizado por: Quispe P., 2023

**Tabla 3-17:** Determinación del pH

<b>Equipos y Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Potenciómetro</li> <li>✓ Vaso de precipitación</li> <li>✓ Varilla de agitación</li> </ul>
<b>Proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se calibra el equipo con las soluciones buffer (4, 7 y 10), se procede a encender.</li> <li>✓ Se limpia el electrodo con agua destilada.</li> <li>✓ La muestra de 100 ml se coloca en el vaso de precipitados de 250 ml.</li> <li>✓ Se agita la muestra para homogenizarla.</li> <li>✓ Se inserta el electrodo sin tocar las paredes del vaso.</li> <li>✓ Una vez que se presionó el botón de medición, la pantalla del equipo mostró "listo".</li> <li>✓ Se determinó el valor de pH leyendo en la pantalla.</li> </ul>

Fuente: Espoch, Lab. De Procesos Industriales

Realizado por: Quispe, Pamela, 2023



**Ilustración 3-6:** Diagrama para el proceso de fermentación de jugo de guayaba

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.5.2.2 Proceso de destilación de la bebida alcohólica

La destilación del alcohol obtenido después del proceso de fermentación se realizó en el rotavapor del laboratorio de Bromatología mediante la siguiente metodología indicada en la Tabla 3-18 para obtener un alcohol libre de residuos, obteniendo un alcohol etílico de 15 °C.

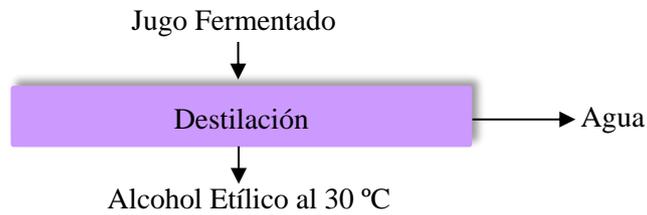
**Tabla 3-18:** Proceso de destilación del fermento de Guayaba

<b>Materiales y equipos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Probeta de 250 ml</li> <li>✓ Alcoholímetro</li> <li>✓ Columna de destilación</li> </ul>
<b>Proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar una desinfección previa al rotavapor, y revisar las conexiones de la electricidad.</li> <li>✓ Alimentar los 800 ml de jugo fermentado en el rotavapor.</li> <li>✓ Verificar que la temperatura en el equipo sea de 78 °C en todo el proceso.</li> <li>✓ Se elimina la primera destilación debido a que es metanol.</li> </ul>

	✓ Se coloca el alcohol destilado en la probeta y con el alcoholímetro se verifica los grados alcohólicos cada media hora.
--	---

Fuente: Espoch, Lab. De Recursos Naturales

Realizado por: Quispe P., 2023



**Ilustración 3-7:** Diagrama del Proceso de destilación del fermento de Guayaba

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.5.2.3 Caracterización del licor con respecto a la norma INEN

El licor obtenido de la guayaba sigue las especificaciones establecidas en la norma NTE INEN 1932:1992-07. Bebidas Alcohólicas. Licores De Frutas. Requisitos, según los datos que se encuentran en la Tabla 3-19.

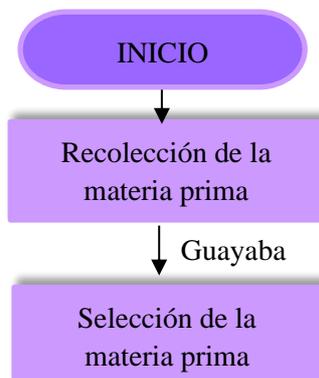
**Tabla 3-19:** Requisitos para licores de frutas

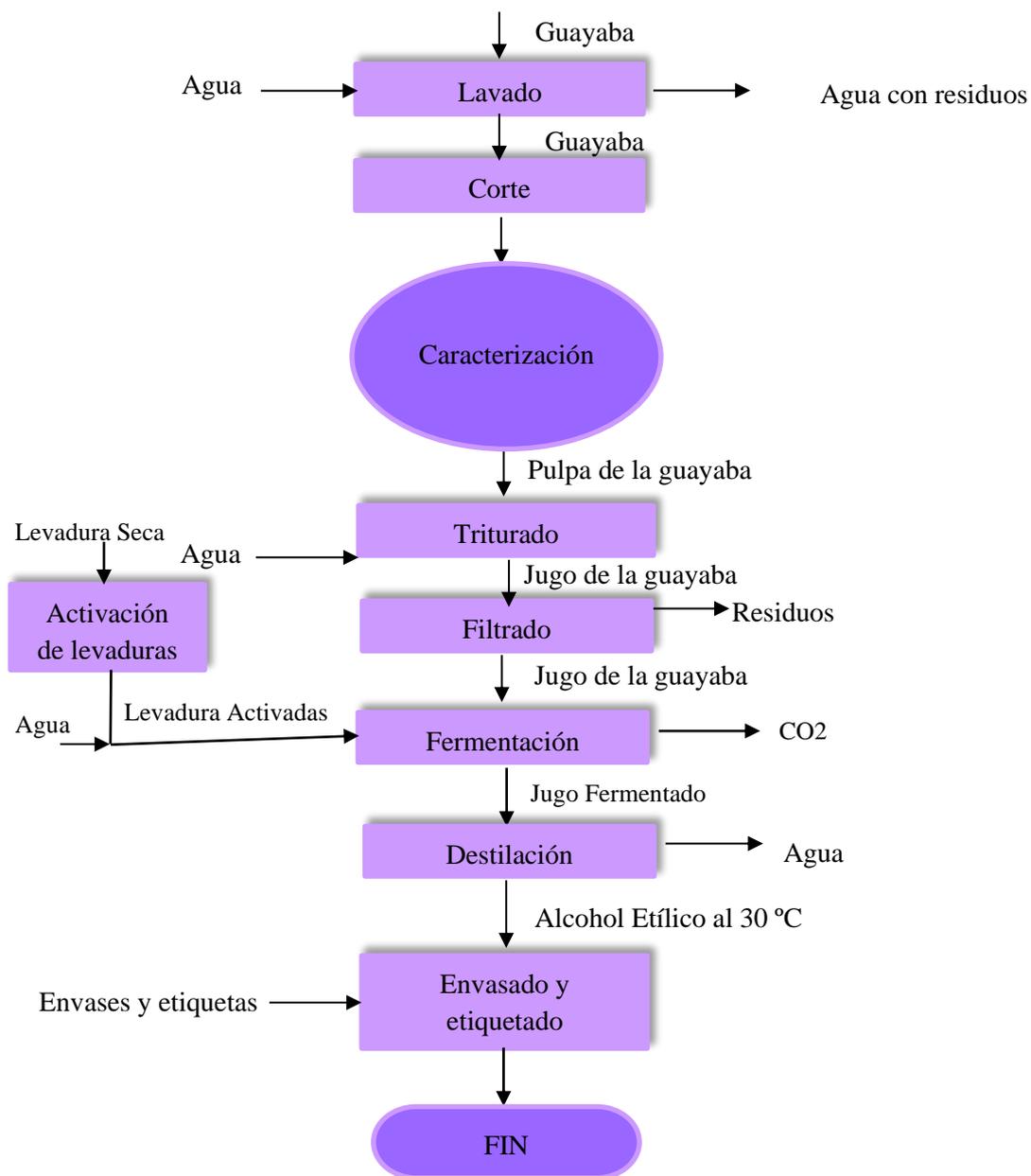
Requisitos	Unidad	Min	Max	Método de ensayo
Grado alcohólico a 15 °C	°GL	15	45	INEN 340
Acidez total como ácido acético	*		40	INEN 341
Esteres como acetato de etilo	*		30	INEN 342
Aldehídos como etanal	*		10	INEN 343
Furfural	*		1.5	INEN 344
Alcoholes superiores	*		150	INEN 345
Metanol	*		10	INEN 347

Fuente: NTE INEN 1932:1992-07. Bebidas Alcohólicas. Licores De Frutas. Requisitos.

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.5.2.4 Diagrama para la obtención de la bebida alcohólica a partir de la guayaba





**Ilustración 3-8:** Diagrama para la obtención de la bebida alcohólica a partir de la guayaba

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.6 Datos experimentales

#### 3.6.1 Lavado

**Tabla 3-20:** datos experimentales del antes y después del lavado de la guayaba

Muestra	Masa Inicial	Masa Final
1	20 kg	19,74 kg

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.6.1.1 Cálculo del porcentaje de humedad de la guayaba

$$\text{SS}\% = \frac{(m_2 - m)}{(m_1 - m)} * 100$$
$$\text{SS}\% = \frac{(79,164 - 78,06)}{(83,06 - 78,06)} * 100$$
$$\text{SS}\% = 22,08$$

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \% \text{SS}$$

$$\% \text{ Humedad} = 100 - 22,08$$

$$\% \text{ Humedad} = 77,20$$

### 3.6.1.2 Cálculo de cenizas totales en la guayaba

$$\text{C}\% = \frac{(m_2 - m_c)}{(m_1 - m_c)} * 100$$
$$\text{C}\% = \frac{(24,132 - 24,08)}{(29,08 - 24,08)} * 100$$
$$\text{C}\% = 1,05$$

## 3.6.2 Filtración

Se realiza los cálculos para el porcentaje de impurezas por cada 50 ml de jugo de guayaba

**Tabla 3-21:** Datos experimentales del filtrado del jugo de guayaba

Filtro	PN (g)	PNS+M (g)	J (g)
Nylon	20,12	22,05	48,07

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.6.2.1 Cálculo del porcentaje de solidos retenidos en el filtro

$$\% \text{ Retenido} = \frac{P_{NS+M} - P_N}{J} * 100$$

Donde:

$P_N$  = Peso del filtro de nylon (g)

$P_{NS+M}$  = Peso del filtro de nylon seco con la muestra (g)

$J$  = Peso de la muestra filtrada (g)

$$\% \text{ Retenido} = \frac{22,05 - 20,12}{48,07} * 100$$

$$\% \text{ Retenido} = 4,01 \%$$

### 3.6.3 Fermentación

**Tabla 3-22:** Datos experimentales para determinación de la acidez titulable

NaOH Titulación (ml)	Normalidad del NaOH	Peso molecular del NaOH	Volumen de la alícuota
3,7	0,1	39,997	25

Realizado por: Quispe P., 2023

#### 3.6.3.1 Cálculo de la acidez en la guayaba

$$A = \frac{V_1 * N_1 * M}{V_2}$$

$$A = \frac{3,7 * 0,1 * 39,997}{25}$$

$$A = 0,59$$

**Tabla 3-23:** Datos experimentales para determinación de los sólidos totales

Temperatura (°C)	Índice de refracción a 20 °C	P (%)	Mo (g)	M1 (g)
20	1,335	2	25	120,81

Realizado por: Quispe P., 2023

#### 3.6.3.2 Cálculo para la corrección de la escala de índice de refracción

$$N_D^{20} = N_D^t + 0,00013(t - 20)$$

$$N_D^{20} = 1,335 + 0,00013(20 - 20)$$

$$N_D^{20} = 1,335$$

Donde:

T = Temperatura (°C)

$N_D^{20}$  = Índice de refracción a 20 °C

$N_D^t$  = Índice de refracción a la temperatura que se realizó el ensayo.

### 3.6.3.3 Cálculo de sólidos solubles contenidos en la fruta

$$\frac{P * M1}{Mo}$$

$$\frac{2 * 120,81}{25} = 9,66$$

Donde:

P = % (m/m) de sólidos solubles en la solución diluida

Mo = Masa de la muestra antes de la dilución (g)

M1 = masa de la muestra después de la dilución (g)

**Tabla 3-24:** Datos experimentales para determinación del índice de madurez

SST	Acidez titulable
9,66	0,59

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.6.3.4 Cálculo del índice de madurez

$$\text{Índice de madurez} = \frac{SST}{\text{Acidez Titulable}}$$

$$\text{Índice de madurez} = \frac{9,66}{0,59}$$

$$\text{Índice de madurez} = 16,37$$

Donde:

SST = Sólidos solubles totales

**Tabla 3-25:** Datos de las características del jugo de guayaba

Muestra	pH	°Bx	IR	T (°C)
Jugo de Guayaba	4,66	2,54	1,33580	20

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.6.3.5 Cálculo de la densidad

**Tabla 3-26:** Datos para determinación de la densidad del jugo de guayaba previo a la fermentación

Muestra	P <sub>1</sub> (g)	P <sub>2</sub> (g)	V <sub>P</sub> (ml)
Jugo de guayaba	23,36	33,83	10,413

Cálculos para la densidad del jugo de guayaba.

$$\rho = \frac{P_2 - P_1}{V_P}$$

$$\rho = \frac{33,83g - 23,36g}{10,413ml}$$

$$\rho = 1.005 \frac{g}{ml}$$

$$\rho = 1.005 \frac{Kg}{L}$$

## 3.7 Balance de materia y energía

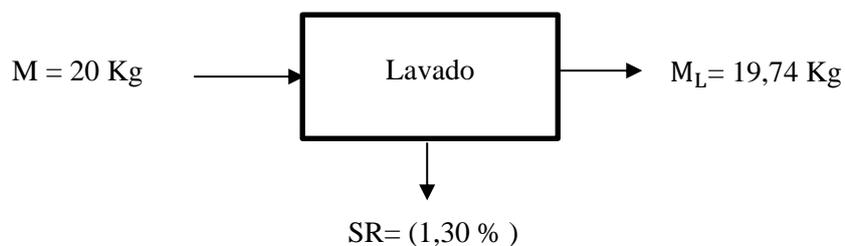
### 3.7.1 Balance de materia

El balance de materia es fundamental para el diseño de procesos, debido a que se usa para calcular y monitorear como una materia prima se transforma en un producto, con lo cual se puede determinar la eficiencia del proceso, en este caso el jugo de guayaba se transforma en etanol.

La ecuación para el balance de energía es el siguiente:

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

#### 3.7.1.1 Lavado



$$M = \frac{\% SR}{100} * M + M_L$$

Donde:

M = Materia prima que ingresa para el lavado (Kg)

M<sub>L</sub> = Materia prima lavada (Kg)

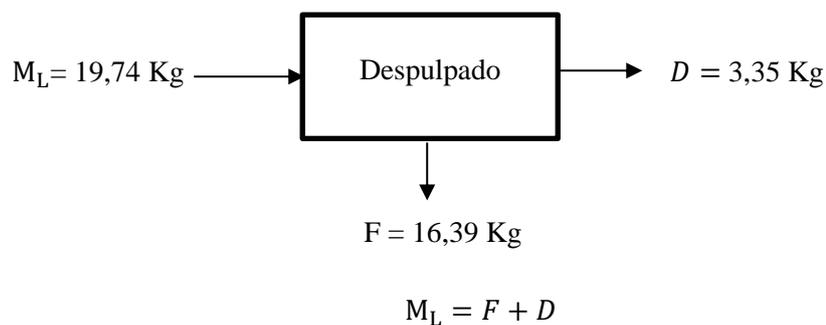
SR = Sólidos retirados en el lavado

$$M_L = M - \frac{\%SR}{100} * M$$
$$M_L = 20\text{Kg} - \frac{1,30}{100} * 20\text{Kg}$$
$$M_L = 19,74$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{M_L}{M} * 100 \%$$
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{19,74}{20} * 100 \%$$
$$\% \text{ Rendimiento} = 98,70 \%$$

En el lavado se eliminan las impurezas que se adhieren a la fruta en la etapa de recolección, es así que el 1,30 % de sólidos retirados se eliminan en el proceso de lavado, obteniendo un rendimiento de 98,70 %.

### 3.7.1.2 *Despulpado*



Donde:

M<sub>L</sub> = Materia prima limpia (Kg)

D = Desechos eliminados en el despulpado (Kg)

F = Porción de guayaba despulpada (Kg)

$$F = M_L - D$$
$$F = 19,74 - 3,35$$

$$F = 16,39$$

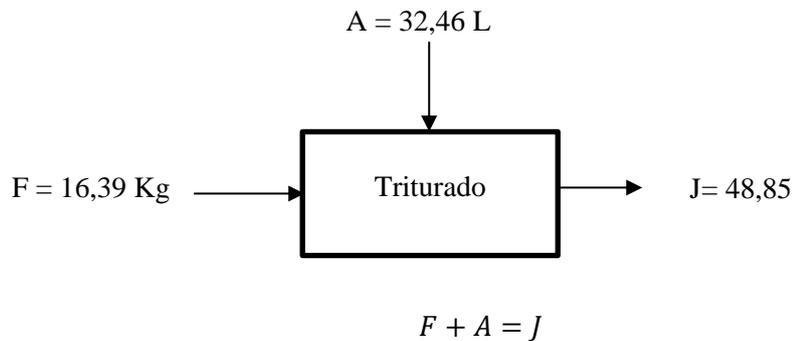
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{F}{M_L} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{16,39}{19,74} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 83,03\%$$

En el despulpado se elimina la cascara de fruta y se corta a la fruta para facilitar el proceso de triturado de esta manera se retira 3,35 Kg de desechos quedando 16,39 Kg de pulpa, obteniendo un rendimiento de 83,03%

### 3.7.1.3 Triturado



Donde:

F = Porción de guayaba despulpada (Kg).

J = Jugo de guayaba (Kg/L).

A = Cantidad de agua (L)

$$16,39 \text{ Kg} + 32,46 \text{ L} = J$$

$$J = 48,85 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{J}{F + A} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{48,85}{16,39 + 32,46} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 100 \%$$

En la operación de trituración a los 16,39 Kg de fruta se incorpora 32,46 L de agua para obtener 48,85 Kg/L de jugo, se utiliza una licuadora industrial para obtener un rendimiento del 100 %.

### 3.7.1.4 Filtrado

La muestra fue sometida a filtración, revelando un contenido de residuos del 9,13%. A partir de la densidad calculada, podemos deducir el volumen de jugo obtenido para su incorporación al proceso de filtración.

$$V_J = \frac{J}{\rho_J}$$

Donde:

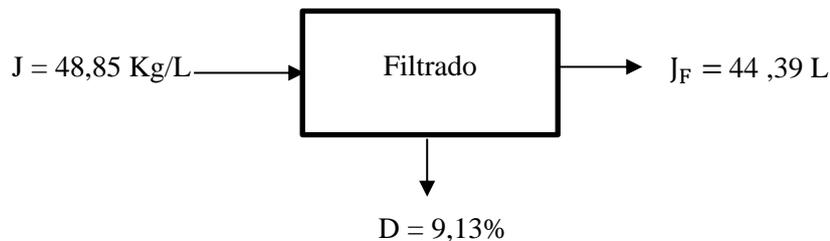
$V_J$  = Volumen del jugo (L)

$J$  = Jugo de guayaba (Kg)

$\rho_J$  = Densidad del jugo de guayaba (Kg/L)

$$V_J = \frac{48,85}{1.005 \frac{Kg}{L}}$$

$$V_J = 48,60 L$$



$$J = J_F + \frac{\%D}{100} * J_F$$

Donde:

$J$  = Jugo de guayaba (L)

$J_F$  = Jugo filtrado de guayaba (L)

$D$  = Desechos del filtrado de guayaba

$$J_F = J - \frac{\%R}{100} * J$$

$$J_F = 48,85 - \frac{9,13\%}{100} * 48,85$$

$$J_F = 44,39$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{J_F}{J} * 100$$

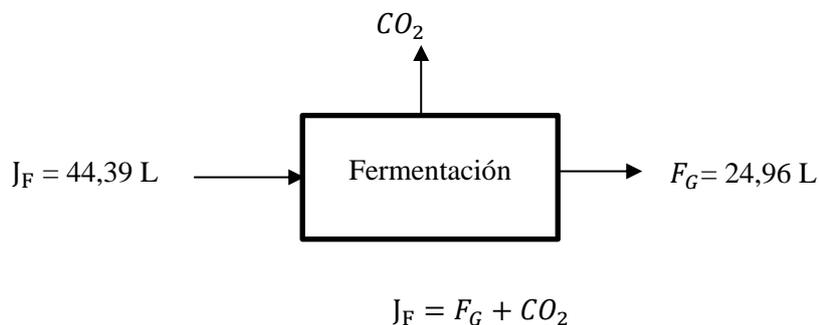
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{44,39}{48,85} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 90,87\%$$

En el proceso de filtrado, entra 48,85 Kg/L del triturado, se remueve el 9,13 % de desechos (semillas) del jugo de guayaba que da un total de 4,46 Kg en residuos y 44 ,39 L de jugo filtrado.

### 3.7.1.5 Fermentación

Durante el proceso de fermentación, el azúcar presente en la mezcla de 44,39 L de jugo de guayaba se transformó en alcohol, junto con la generación de CO<sub>2</sub> como subproducto residual.



Donde:

$J_F$  = Jugo filtrado de guayaba (L)

$F_G$  = Fermentado del jugo de guayaba (L)

$CO_2$  = Dioxido de carbono residual del fermentación (L)

$$CO_2 = J_F - F_G$$

$$CO_2 = 44,39 - 24,96$$

$$CO_2 = 19,43 \text{ L}$$

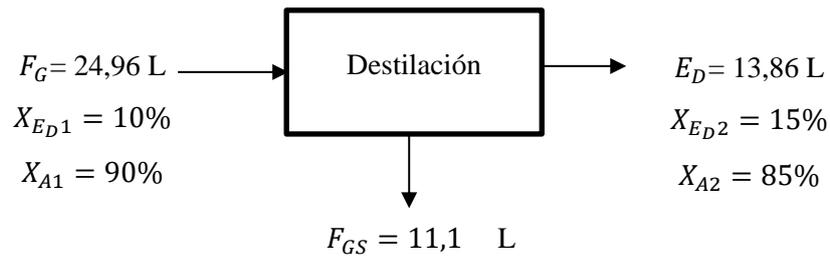
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{F_G}{J_F} * 100 \%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{24,96}{44,39} * 100 \%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 56,22 \%$$

El fermentado del mosto presenta un rendimiento del 56,22 % con un contenido de alcohol de 10 °GL. Este proceso dura 15 días y en este transcurso se genera un 43,77% de dióxido de carbono.

### 3.7.1.6 Destilación



$$F_G = F_{GS} + E_D$$

Donde:

$F_G$  = Fermentado del jugo de guayaba (L)

$F_{GS}$  = Fermentado del jugo de guayaba sobrante (L)

$E_D$  = Alcohol etílico destilado (L)

$$F_{GS} = F_G - E_D$$

$$F_{GS} = 24,96 - 13,86$$

$$F_{GS} = 11,1$$

Balance del alcohol etílico del fermento de jugo de guayaba sobrante.

$$X_{E_{D1}} * F_G = X_{E_{D2}} * E_D + X_{E_{D3}} * F_{GS}$$

Donde:

$X_{E_{D1}}$  = Fracción másica de etanol en el fermento.

$F_G$  = Fermentado del jugo de guayaba (L)

$X_{E_{D2}}$  = Fracción másica de etanol en el destilado

$E_D$  = Cantidad de etanol en el destilado (L)

$X_{E_{D3}}$  = Fracción másica de etanol en el fermento sobrante.

$F_{GS}$  = Fermentado del jugo de guayaba sobrante (L)

$$X_{ED3} = \frac{X_{ED1} * F_G - X_{ED2} * E_D}{F_{GS}}$$
$$X_{ED3} = \frac{0,10 * 24,96 - 0,15 * 13,86}{11,1}$$
$$X_{ED3} = 3,75\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{E_D}{F_G} * 100 \%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{13,86}{24,96} * 100 \%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 55,52 \%$$

La eficiencia de la destilación es limitada, alcanzando un rendimiento del 55,52%, atribuible a la concentración de alcohol inicial en el fermento, que es de 10 °GL. Como resultado, el jugo conserva una concentración residual de 3,75 °GL, la cual permanece en el fermento residual debido a las características del equipo utilizado en el proceso.

#### 3.7.1.7 Rendimiento de la pulpa de guayaba para obtener etanol

$$\% E_{Global} = \frac{\text{materia de salida}}{\text{materia de entrada}} * 100 \%$$

$$\% E_{Global} = \frac{13,86}{20} * 100 \%$$

$$\% E_{Global} = 69,3\%$$

### 3.7.2 Balances de energía

En la destilación se producen fenómenos de transferencia de calor, por lo tanto, es esencial realizar un balance de energía para cuantificar la cantidad de calor suministrado y eliminado durante el proceso industrial de la bebida alcohólica con el fin de optimizar la operación.

#### 3.7.2.1 Datos requeridos para el balance de energía

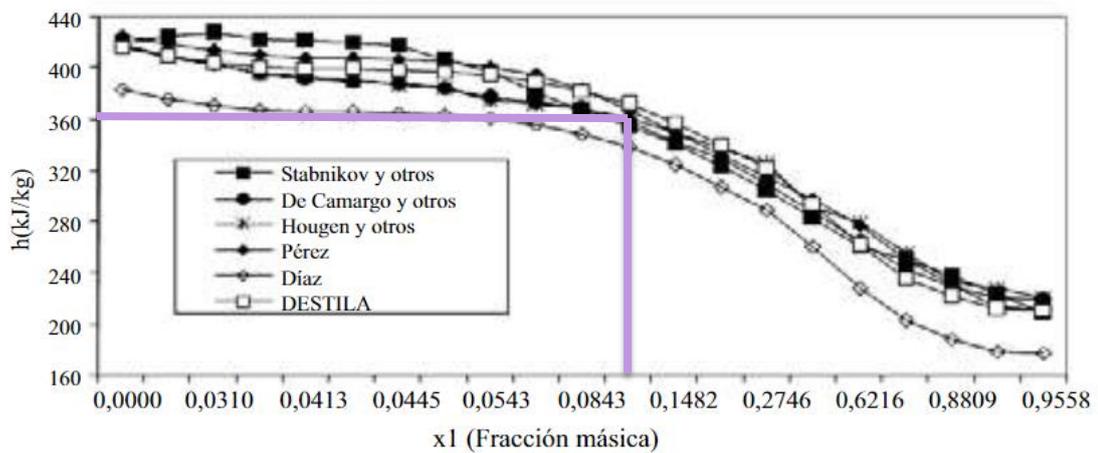
La estimación directa de entalpías resulta inviable para el cálculo del balance de energía; en su lugar, se requiere la utilización de datos experimentales que se fundamenten en la modelación de procesos mediante el empleo de paquetes termodinámicos diseñados para mezclas

multicomponentes. El estudio realizado por (Pérez et al., 2010, p.12) proporciona información sobre las entalpías de diversas combinaciones de etanol-agua, las cuales pueden ser obtenidas mediante la interpolación de datos.

**Tabla 3-27:** Variaciones en las entalpías según la concentración de etanol-agua en los diferentes procesos

Etapa del alcohol	Proceso	Simbología	Fracción Etanol - agua	$\hat{H}$ (Kj/Kg)
Líquido saturado	Fermentado del jugo de guayaba	$F_G$	0,10	361
	Fermentado del jugo de guayaba sobrante	$F_{GS}$	0,194	319
	Alcohol etílico destilado	$E_D$	0,15	322
	Etanol sobrante	$E_S$	0,111	359

Realizado por: Quispe P., 2023



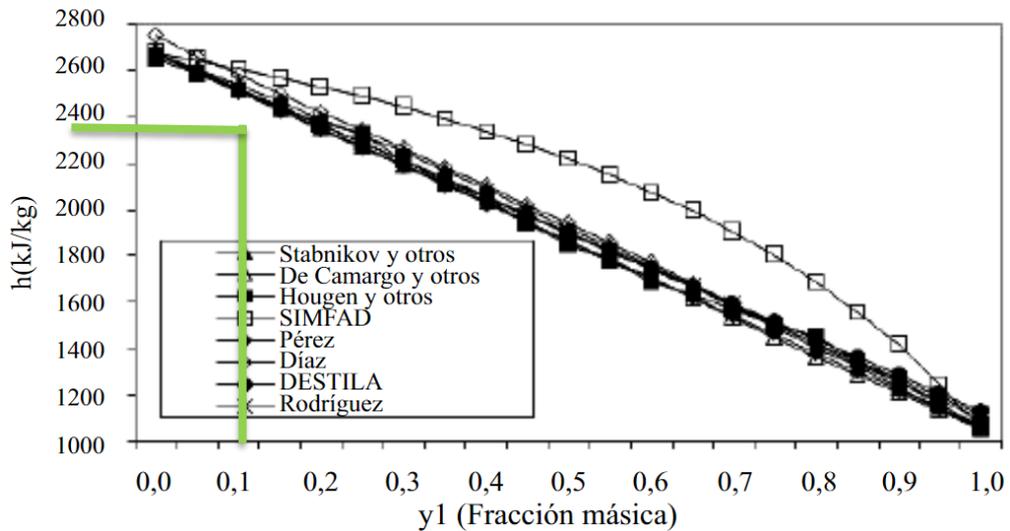
**Ilustración 3-9:** Entalpías de Etanol-Agua para líquido saturado

Fuente: (Pérez et al., 2010, p. 58)

**Tabla 3-28:** Variaciones de entalpía de calor residual en el condensado según la masa entre etanol y agua

Etapa del alcohol	Proceso	Simbología	Fracción Etanol - agua	$\hat{H}$ (Kj/Kg)
Vapor Saturado	Destilación	$E_D$	0,15	2350

Realizado por: Quispe P., 2023



**Ilustración 3-10:** Entalpías de Etanol-Agua para vapor saturado

Fuente:(Pérez et al., 2010, p. 58)

Se consideró la densidad del fermento de jugo de guayaba y un periodo de uso de 8 horas al calcular los flujos másicos indicados. Las densidades utilizadas fueron  $\rho_{FG}=1.005 \frac{Kg}{L}$  y  $\rho_{etanol}=0,789kg/L$ ."

$$\dot{m} = \frac{\rho * V}{t}$$

Donde:

$\dot{m}$ = Flujo molar (kg/h)

$\rho$ =densidad del fermento (kg /L)

$V$ = Volumen del fermento (kg/h)

$t$ = Tiempo (h)

$$\dot{m}_{FG} = \frac{1.005 \frac{Kg}{L} * 24,96L}{12h}$$

$$\dot{m}_{FG} = 3,14 \frac{Kg}{h}$$

**Tabla 3-29:** Fracciones másicas Etanol-Agua

Proceso	Simbología	Vol. (L)	$\dot{m}$ (kg/h)
Fermentado del jugo de guayaba	$F_G$	24,96	2,090
Fermentado del jugo de guayaba sobrante	$F_{GS}$	19,43	1,627

Alcohol etílico destilado	$E_D$	13,86	1,160
Etanol sobrante	$E_S$	11,1	0,929

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.7.2.2 Balance de energía para el proceso de fermentación

En el proceso de fermentación se realiza una reacción exotérmica.

$$Q = \Delta H^\circ$$

$$Q_{FT} = Q_{ferm} + Q_{CO_2} + Q_{H_2O}$$

Donde:

$Q_{FT}$  = Flujo total del calor de fermentación

$Q_m$  = Flujo de calor del mosto de guayaba

$Q_{CO_2}$  = Flujo de calor del CO<sub>2</sub> generado en la fermentación del mosto.

$Q_{H_2O}$  = flujo de calor del vapor de H<sub>2</sub>O.

$$\Delta H_{rx} = \sum n\Delta H^\circ_{productos} - \sum n\Delta H^\circ_{reactivos}$$

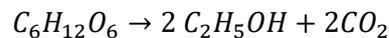
$$\Delta H^\circ_{glucosa} = -1273,3 \frac{kJ}{mol}$$

$$\Delta H^\circ_{etan} = -276 \frac{kJ}{mol}$$

$$\Delta H^\circ_{CO_2} = -393,5 \frac{kJ}{mol}$$

$$\Delta H^\circ_{fructo} = -1275 \frac{kJ}{mol}$$

(Chang, 2002).



Entalpia de la glucosa

$$\Delta H^\circ = (2(-276) + 2(-393.5)) - (-1273.3)$$

$$\Delta H^\circ = -65,7 \frac{kJ}{mol}$$

Hay que tener en cuenta que, en 1 mol de glucosa, hallamos 0.1801 kg de  $C_6H_{12}O_6$

$$q_{glucosa} = -65,7 \frac{kJ}{mol} * \frac{1 mol}{0,1801 kg C_6H_{12}O_6}$$

$$q_{glucosa} = -364,79 \frac{kJ}{Kg}$$

Entalpia de la fructosa

$$\Delta H^\circ = (2(-276) + 2(-393.5)) - (-1275)$$

$$\Delta H^\circ = 64 \frac{kJ}{mol}$$

Hay que tener en cuenta que, en 1 mol de glucosa, hallamos 0.1801 de la fructosa

$$q_{fructosa} = -64 \frac{kJ}{mol} * \frac{1 mol}{0,1801 kg fructosa}$$

$$q_{fructosa} = -355.35 \frac{kJ}{Kg}$$

Teniendo en cuenta los grados Brix (18,88) se calcula la masa de sacarosa.

$$^\circ Bx = \frac{Kg \text{ sacarosa en el mosto}}{100 kg \text{ de solución}}$$

$$m_{sacaro} = m_{mosto} * ^\circ Bx$$

Se calcula la masa del mosto

$$V_{mosto} = 44.39 L$$

$$\rho = 1.005 \frac{Kg}{L}$$

$$m_{mos} = \rho * V_{mos}$$

$$m_{mos} = 1.005 \frac{Kg}{L} * 44.39 L$$

$$m_{mos} = 44.61 Kg$$

$$m_{sacaro} = 44.61 kg * \frac{18,88 kg}{100 kg \text{ mosto}}$$

$$m_{sacaro} = 8,42 kg$$

El pH de la fermentación es de 4,66, se obtiene 8,42 kg de sacarosa la cual se hidroliza para dar una mezcla equimolar de 4,21 kg fructosa y 4,21 kg glucosa.

$$Q_{gluco} = -364,79 \frac{kJ}{Kg} * 4,21 \text{ kg glucosa}$$

$$Q_{gluco} = -1535,76 \text{ kJ}$$

$$Q_{fructo} = -355,35 \frac{kJ}{Kg} * 4,21 \text{ kg fructosa}$$

$$Q_{fructo} = -1496,02 \text{ kJ}$$

Calor producido en la fermentación del mosto.

$$Q_{ferme} = Q_{gluco} + Q_{fructo}$$

$$Q_{ferme} = -1535,76 \text{ kJ} + (-1496,02 \text{ kJ})$$

$$Q_{ferme} = -3031,78 \text{ kJ}$$

Flujo de calor obtenido durante los 15 días de fermentación (360h).

$$\dot{Q}_{ferme} = \frac{3031,78}{360h}$$

$$\dot{Q}_{ferme} = 8,42 \frac{kJ}{h}$$

$$\dot{Q}_{ferme} = 2,33 \text{ W}$$

Flujo de calor de CO2

$$\dot{Q}_{CO2} = \frac{V_{mosto} * °Bx * T}{9\theta}$$

Donde:

$V_{mosto}$  = volumen del mosto de guayaba

$°Bx$  = grados brix del mosto

$T$  = temperatura de la fermentación

$\theta$  = Tiempo

$$\dot{Q}_{CO2} = \frac{44,39L * \frac{18,88 \text{ kg}}{100 \text{ kg mosto}} * 25}{9 (360 \text{ h})}$$

$$\dot{Q}_{CO_2} = 0,064 \frac{kCal}{h}$$

$$\dot{Q}_{CO_2} = 0,27 \frac{kJ}{h}$$

$$\dot{Q}_{CO_2} = 0.075W$$

Flujo de calor de vapor de agua.

$$\dot{Q}_{H_2O} = \frac{V_{mosto} * \text{°Bx} * Presion_v * (580 + 0.43T)}{3695\theta}$$

$$\dot{Q}_{H_2O} = \frac{44,39L * \frac{18,88 kg}{100 kg mosto} * 23,76 mmHg * (580 + 0.43 * 25)}{3695(360 h)}$$

$$\dot{Q}_{H_2O} = 0,0019 \frac{kCal}{h}$$

$$\dot{Q}_{H_2O} = 0,008 \frac{kJ}{h}$$

$$\dot{Q}_{H_2O} = 0.0022W$$

Flujo de calor total producido en la fermentación.

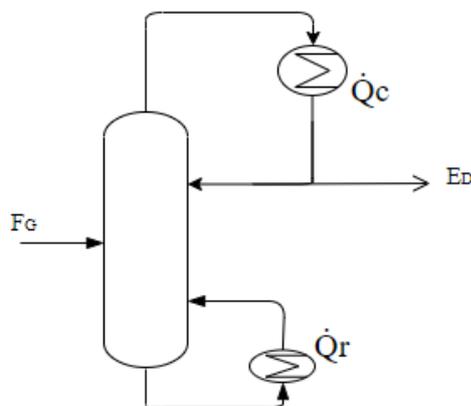
$$\dot{Q}_{FT} = \dot{Q}_{ferme} + \dot{Q}_{CO_2} + \dot{Q}_{H_2O}$$

$$\dot{Q}_{FT} = 8,42 \frac{kJ}{h} + 0,27 \frac{kJ}{h} + 0,008 \frac{kJ}{h}$$

$$\dot{Q}_{FT} = 8,69 \frac{kJ}{h}$$

$$\dot{Q}_{FT} = 2.41 W$$

### 3.7.2.3 Balance de energía para el proceso de destilación de la bebida alcohólica



$$Q_C = \dot{m} * \hat{H}$$

Donde:

$Q_C$  = Calor del destilado (kJ/kg)

$\dot{m}$  = Flujo molar (kg/h)

$\hat{H}$  = Entalpía del destilado (kJ/kg)

$$Q_C = 1,160 \text{ (kg/h)} * 2350 \text{ (kJ/kg)}$$

$$\dot{Q}_C = 2726 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ kW}}{3600 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}$$

$$\dot{Q}_C = 0,76 \text{ kW}$$

En el balance de energía global se tiene:

$$F_G * \hat{H}F_G + \dot{Q}_R = E_D * \hat{H}E_D + F_{GS} * \hat{H}F_{GS} + Q_C$$

Donde:

$F_G$  = Flujo molar fermentado del jugo de guayaba (kg/h)

$\hat{H}F_G$  = Entalpía del fermentado del jugo de guayaba (KJ/Kg)

$\dot{Q}_R$  = Calor necesario para la destilación (kJ/kg)

$E_D$  = Flujo molar del alcohol etílico destilado (kg/h)

$\hat{H}E_D$  = Entalpía del alcohol etílico destilado (KJ/Kg)

$F_{GS}$  = Flujo molar del fermentado del jugo de guayaba sobrante (kg/h)

$\hat{H}F_{GS}$  = Entalpía del fermentado del jugo de guayaba sobrante (KJ/Kg)

$Q_C$  = Calor de la destilación (KJ/Kg)

$$2,09 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 361 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} + \dot{Q}_R = 1,160 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 322 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} + 1,627 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 319 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} + 2726 \frac{\text{Kj}}{\text{h}}$$

$$754,49 \frac{\text{Kj}}{\text{h}} + \dot{Q}_R = 373,52 \frac{\text{Kj}}{\text{h}} + 519,01 \frac{\text{Kj}}{\text{h}} + 2726 \frac{\text{Kj}}{\text{h}}$$

$$\dot{Q}_R = 2864,04 \frac{\text{Kj}}{\text{h}}$$

$$\dot{Q}_C = 0,79 \text{ kW}$$

### 3.8 Ingeniería de diseño

#### 3.8.1 Diseño del recipiente utilizado para la recepción y lavado de la guayaba

##### 3.8.1.1 Cantidad de guayaba necesaria para el proceso

Con el fin de impulsar las ventas, la compañía debe producir quincenalmente 100 litros de la bebida alcohólica.

$$Cantidad_G = \frac{Cantidad_{alcohol}}{\% E_{Global}} * 100\%$$

$$Cantidad_G = \frac{100 L}{69,3\%} * 100\%$$

$$Cantidad_G = 144,30 Kg$$

##### 3.8.1.2 Volumen de guayaba necesario para el proceso de lavado

$$Cantidad_G = Volumen_G * \rho_{Guayaba}$$

$$144,30 Kg = Volumen_G * 1.005 \frac{Kg}{L}$$

$$Volumen_G = \frac{144,30 Kg}{1.005 \frac{Kg}{L}}$$

$$Volumen_G = 143,58 L$$

##### 3.8.1.3 Volumen de agua necesario para el proceso de lavado

$$Volumen_{H2O} = Cantidad_{H2O} * Cantidad_G$$

$$Volumen_{H2O} = \frac{3 L}{1Kg} * 144,30 Kg$$

$$Volumen_{H2O} = 432,9 L$$

##### 3.8.1.4 Volumen total

$$Volumen_T = Volumen_G + Volumen_{H2O}$$

$$Volumen_T = 143,58 L + 432,9 L$$

$$Volumen_T = 576,48 L$$

### 3.8.1.5 Volumen del recipiente necesario para el proceso de lavado

Se incluye un margen de seguridad del 15% al calcular el volumen del recipiente.

$$\text{Volumen}_R = \text{Volumen}_T + \text{Factor}_S$$

$$\text{Volumen}_R = 576,48 \text{ L} + 15\%$$

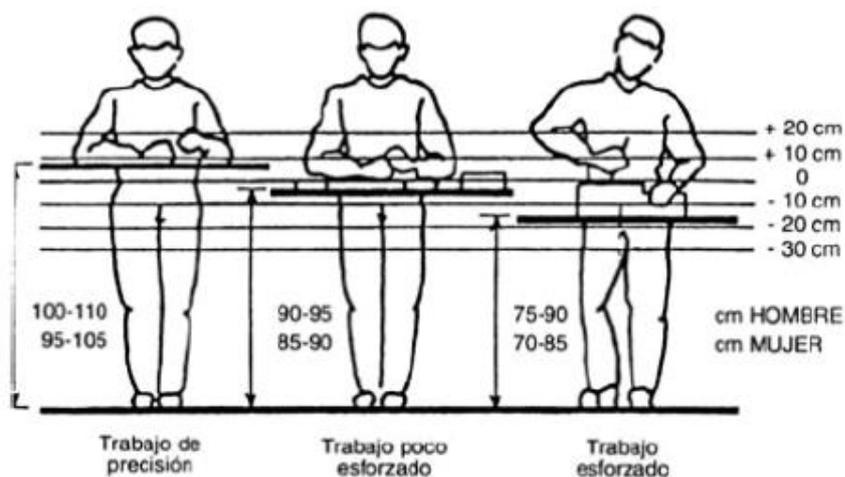
$$\text{Volumen}_R = 662,95 \text{ L}$$

$$\text{Volumen}_R = 0,662 \text{ m}^3$$

### 3.8.1.6 Altura del recipiente de lavado y recepción

Para tareas realizadas en posición vertical, el nivel de trabajo debe situarse ligeramente por debajo de la altura del codo, se sugiere una diferencia de entre 5 y 10 cm por debajo.

Entonces podemos afirmar que una altura adecuada (desde el suelo hasta la superficie de trabajo) es, en promedio, de 90 a 100 cm para los hombres y de 85 a 95 cm para las mujeres. Sin embargo, existen otras dimensiones a tener en cuenta en el área de trabajo. Estas medidas se definen según la cantidad de elementos a colocar, la postura de la persona que ocupará el puesto, el espacio requerido para llevar a cabo los para la tarea, entre otros factores (Bestratèn et al., s. f., p. 66).



**Ilustración 3- 11:** Ergonomía del contenedor de lavado

Fuente:(Maestre, n.d., p. 26)

### 3.8.1.7 Área del contenedor de recepción y lavado

$$\text{Área}_{\text{cont}} = \frac{\text{Volumen}_R}{h_{\text{Profundidad}}}$$

$$\text{Área}_{cont} = \frac{0,662 \text{ m}^3}{0,5 \text{ m}}$$

$$\text{Área}_{cont} = 1,32 \text{ m}^2$$

La superficie del recipiente de recepción y lavado es rectangular

$$\text{Área}_{cont} = X * Y$$

Donde:

X =Ancho del recipiente

Y = largo del recipiente

$$X = \frac{\text{Área}_{cont}}{Y}$$

$$X = \frac{1,32 \text{ m}^2}{Y}$$

El área debe ser mínima, es por eso que el perímetro debe ser lo más pequeño posible.

$$P_{cont} = 2X + 2Y$$

$$P_{cont} = 2 * \left( \frac{1,32 \text{ m}^2}{Y} \right) + 2Y$$

$$P_{cont} = \left( \frac{2,64 \text{ m}^2}{Y} \right) + 2Y$$

$$P'_{cont} = - \left( \frac{2,64 \text{ m}^2}{Y} \right) + 2Y$$

$$0 = \frac{-2,64 \text{ m}^2 + 2Y^2}{Y}$$

$$-2,64 \text{ m}^2 + 2Y^2 = 0$$

$$Y = 1,15 \text{ m}$$

$$X = \frac{1,32 \text{ m}^2}{1,15 \text{ m}}$$

$$X = 1,15 \text{ m}$$

El contenedor para recepción y lavado tendrá una misma longitud y anchura de 1,15 m y 1,15 m en altura, en este contenedor se lavan 144,30 Kg de Guayaba.

### 3.8.1.8 Cálculo del total de guayaba obtenido después del lavado

$$C_{Guayaba Lav} = \frac{\%Rendimiento_{Lav} * Cantidad_G}{100}$$

$$C_{Guayaba Lav} = \frac{98,70 * 144,30 Kg}{100}$$

$$C_{Guayaba Lav} = 142,42 Kg$$

En referencia al rendimiento experimental del 98,70 %, se necesita 142,42 kg de guayaba.

### 3.8.2 Diseño para la despulpadora

Para el diseño de este equipo no se pudo encontrar ecuaciones intrínsecas, debido a esto se optó por buscar una alternativa que sea tanto económica como eficaz para su funcionamiento en la empresa, las generalidades de la despulpadora se detallan en la tabla

**Tabla 3-30:** Generalidades para una despulpadora de guayaba

Especificaciones	Rangos
Fabricante	MACHINES HG
Modelo	WL-300
Voltaje	110 – 220 Voltios
Material	Acero inoxidable 304 antiácido quirúrgico
Poder	2 HP
Precio	\$ 1660,00

Fuente:(Machines HG, 2023, p. 1)

Realizado por: Quispe, Pamela, 2023.

#### 3.8.2.1 Determinación de la cantidad de guayaba necesaria en el despulpado

$$Jugo_G = \frac{\%R_{Pulpa} * C_{Guayaba Lav}}{100}$$

$$Jugo_G = \frac{83,03 * 142,42 Kg}{100}$$

$$Jugo_G = 118,25 Kg$$

$$Jugo_G = \frac{Jugo_G}{\rho_G}$$

$$Jugo_G = \frac{118,25 Kg}{1.005 \frac{Kg}{L}}$$

$$Jugo_G = 117,66 L$$

De acuerdo con el rendimiento experimental obtenido de 83,03 % se necesita la cantidad de 117,66 L de jugo de guayaba.

### 3.8.3 Diseño del triturador

Para el diseño de un triturador no existen ecuaciones específicas, por tal motivo se exploró una alternativa eficiente y económica para realizar el proceso de trituración de la materia prima, como se muestra en la Tabla 3-31 las generalidades del triturador son las siguientes.

**Tabla 3-31:** Generalidades para el triturador de guayaba

Especificaciones	Rangos
Fabricante	Mod, Italy
Modelo	LI 25 AI
capacidad	60 kg
Altura máxima	150 cm
Material	Acero inoxidable
Poder	1,5 HP
Precio	\$ 700

Fuente: (Rodríguez & Córdova, 2022, p. 41)

Realizado por: Quispe P., 2024

#### 3.8.3.1 Cálculo para determinar la cantidad de jugo de guayaba triturado

$$cantidad_{H_2O} = H_2O * Jugo_G$$

$$cantidad_{H_2O} = \frac{2L}{1kg} * 118,25 Kg$$

$$cantidad_{H_2O} = 236,5 L$$

$$Cantidad_{triturado} = cantidad_{H_2O} + Jugo_G$$

$$Cantidad_{triturado} = 236,5 L + 118,25 Kg$$

$$Cantidad_{triturado} = 354,75 \frac{kg}{L}$$

$$T_{Guayaba} = \frac{\% R_{triturado} * Cantidad_{triturado}}{100}$$

$$T_{Guayaba} = \frac{100\% * 354,75 \frac{Kg}{L}}{100}$$

$$T_{Guayaba} = 354,75 \frac{kg}{L}$$

De acuerdo con el rendimiento experimental obtenido de 100 %, se obtiene  $354,75 \frac{kg}{L}$  de jugo de guayaba triturado.

### 3.8.4 Diseño del filtrador

Para el diseño de este equipo no existen ecuaciones disponibles. En consecuencia, como se observa en la Tabla 3-32 se ha explorado la alternativa más económica y eficiente para llevar a cabo el proceso.

**Tabla 3-32:** Generalidades para el filtrador de guayaba

Especificaciones	Rangos
Fabricante	Fischer
Modelo	MARILOU - 200C
Voltaje	220 - 380 Voltios
Medida del tamiz	1 mm - 5 mm y 10mm para fruta de semilla grande y pequeña.
Material	Acero inoxidable
Poder	2 HP
Precio	\$ 785

Fuente: (Escobar et al., 2023, p. 19)

Realizado por: Quispe P., 2023

#### 3.8.4.1 Cálculo para determinar la cantidad de jugo de guayaba filtrado

$$JF_{Guayaba} = \frac{\% R_{filtrado} * T_{Guayaba}}{100}$$

$$JF_{Guayaba} = \frac{90,87\% * 354,75 \frac{kg}{L}}{100}$$

$$JF_{Guayaba} = 322,36 L$$

De acuerdo con el rendimiento experimental obtenido de 90,87 %, se obtiene 322,36 L de jugo de guayaba filtrado.

### 3.8.5 Dimensionamiento del fermentador

#### 3.8.5.1 Volumen total del fermentador

$$V_{fermentador} = JF_{Guayaba} * Factor_s$$

$$V_{fermentador} = 322,36 L + 15\%$$

$$V_{fermentador} = 322,36 L + 48,35$$

$$V_{fermentador} = 370,71 L$$

$$V_{fermentador} = 0.370 m^3$$

### 3.8.5.2 Diámetro del fermentador

$$D_F = \sqrt[3]{\frac{12 * V}{\pi * 4,7}}$$

Donde:

$D_F$  = Diámetro del fermentador (m)

V = Volumen del mosto a fermentar ( $m^3$ )

$$D_F = \sqrt[3]{\frac{12 * 0.370 m^3}{\pi * 4,7}}$$

$$D_F = 0,67 m$$

### 3.8.5.3 Diámetro total del fermentador

Con el propósito de evitar interferencias de los materiales del equipo, en el diámetro deseado se usa el factor de seguridad del 15%.

$$D_{TF} = D_F + Factor_s$$

$$D_{TF} = 0,67 + 15\%$$

$$D_{TF} = 0,67 + 0,10$$

$$D_{TF} = 0,77 m$$

### 3.8.5.4 Altura que debe tener el fermentador

$$h = \frac{V_{fermentador}}{\pi * r^2}$$

$$h = \frac{0,370 m^3}{\pi * \left(\frac{0,77}{2}\right)^2}$$

$$h = 0,79 m$$

### 3.8.5.5 *Volumen máximo que debe tener el fermentador*

$$Volumen_{max} = \pi \left( \frac{D_{TF}}{2} \right)^2 * h$$

Donde:

Volumen<sub>max</sub> = Volumen máximo que debe tener el fermentador (m<sup>3</sup>)

D<sub>F</sub> = Diámetro del fermentador (m)

h<sub>T</sub> = Altura total del fermentador (m)

$$Volumen_{max} = \pi \left( \frac{0,77 \text{ m}}{2} \right)^2 * 0,79 \text{ m}$$

$$Volumen_{max} = 0,367 \text{ m}^3$$

### 3.8.5.6 *Diámetro para paletas de mezcla*

$$D_P = \frac{D_{TF}}{3}$$

Donde:

D<sub>P</sub> = Diámetro para paletas de mezcla (m)

D<sub>TF</sub> = Diámetro del fermentador (m)

$$D_P = \frac{0,77 \text{ m}}{3}$$

$$D_P = 0,26 \text{ m}$$

### 3.8.5.7 *Altura medida de las paletas desde del fondo del reactor*

$$h_P = D_P$$

Donde:

h<sub>P</sub> = Altura medida de las paletas desde del fondo del reactor (m)

D<sub>P</sub> = Diámetro para paletas de mezcla (m)

$$h_P = 0,26 \text{ m}$$

### 3.8.5.8 Ancho de las paletas

$$W = \frac{D_P}{5}$$

Donde:

W = Ancho necesario de las paletas (m)

D<sub>P</sub> = Diámetro para paletas de mezcla (m)

$$W = \frac{0,26 \text{ m}}{5}$$

$$W = 0.052 \text{ m}$$

### 3.8.5.9 Largo de las paletas

$$L = \frac{D_P}{4}$$

Donde:

L = Largo necesario para las paletas (m)

D<sub>P</sub> = Diámetro para paletas de mezcla (m)

$$L = \frac{0,26 \text{ m}}{4}$$

$$L = 0.065 \text{ m}$$

### 3.8.5.10 Longitud existente entre los deflectores y la pared del fermentador

$$\frac{l}{D_{TF}} = \frac{1}{12}$$

Donde:

l = Longitud existente entre los deflectores y la pared del fermentador (m)

D<sub>F</sub> = Diámetro del fermentador (m)

$$\frac{l}{0,77} = \frac{1}{12}$$

$$l = 0,064 \text{ m}$$

### 3.8.5.11 *Diámetro para la chaqueta*

$$D_{Ch} = D_{TF} + 0.3 * D_{TF}$$

Donde:

$D_F$  = Diámetro total del fermentador (m)

$D_{Ch}$  = Diámetro de la Chaqueta (m)

$$D_{Ch} = 0,77 + 0.3 * 0,77$$

$$D_{Ch} = 1,0 \text{ m}$$

### 3.8.5.12 *Espesor de la cavidad de calentamiento*

$$E = \frac{D_{Ch} - D_{TF}}{2}$$

Donde:

E = Espesor de la cavidad de calentamiento (m)

$D_F$  = Diámetro del fermentador (m)

$D_{Ch}$  = Diámetro de la Chaqueta (m)

$$E = \frac{1,0 - 0,77}{2}$$

$$E = 0,12 \text{ m}$$

### 3.8.5.13 *Altura de la cavidad de calentamiento*

$$h_{Cc} = h + E$$

Donde:

$h_{Cc}$  = Altura de la cavidad de calentamiento (m)

$h_T$  = Altura que debe tener el fermentador (m)

E = Espesor de la cavidad de calentamiento (m)

$$h_{Cc} = 0,79 \text{ m} + 0,12 \text{ m}$$

$$h_{Cc} = 0,91 \text{ m}$$

### 3.8.5.14 Determinación del volumen total del fermentador

$$V_{Total} = \pi \left( \frac{D_{TF}}{2} \right)^2 * h_{Cc}$$

Donde:

$V_{Total}$  = Volumen total del fermentador (m)

$D_F$  = Diámetro del fermentador (m)

$h_{Cc}$  = Altura de la cavidad de calentamiento (m)

$$V_{Total} = \pi \left( \frac{0,77 \text{ m}}{2} \right)^2 * 0,91 \text{ m}$$

$$V_{Total} = 0,42 \text{ m}^3$$

### 3.8.5.15 Determinación del volumen de la cavidad de calentamiento

$$V_{Cc} = V_{Total} - Volumen_{max}$$

Donde:

$V_{Cc}$  = volumen de la cavidad de calentamiento (m<sup>3</sup>)

$V_{Total}$  = volumen completo del fermentador (m<sup>3</sup>)

$Volumen_{max}$  = Volumen máximo que debe tener el fermentador (m<sup>3</sup>)

$$V_{Cc} = 0,42 \text{ m}^3 - 0,367 \text{ m}^3$$

$$V_{Cc} = 0,053 \text{ m}^3$$

Curva experimental

**Tabla 3-33:** Datos de los grados Brix obtenidos en la fermentación

<b>Día</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Brix</b>	<b>Densidad (g/ml)</b>
<b>0</b>	0	18,88	1.005
<b>1</b>	24	17,98	1.001
<b>2</b>	48	17,03	0,994
<b>3</b>	72	16,13	0.991
<b>4</b>	96	15,40	0.988
<b>5</b>	120	14,75	0.984
<b>6</b>	144	13,84	0.977

7	168	12,90	0.969
8	192	11,97	0.964
9	216	11,05	0.955
10	240	10,23	0.949
11	264	9,55	0.943
12	288	8,68	0.939
13	312	7,82	0.935
14	336	7,18	0.931
15	360	6,83	0.927

Realizado por: Quispe P., 2023

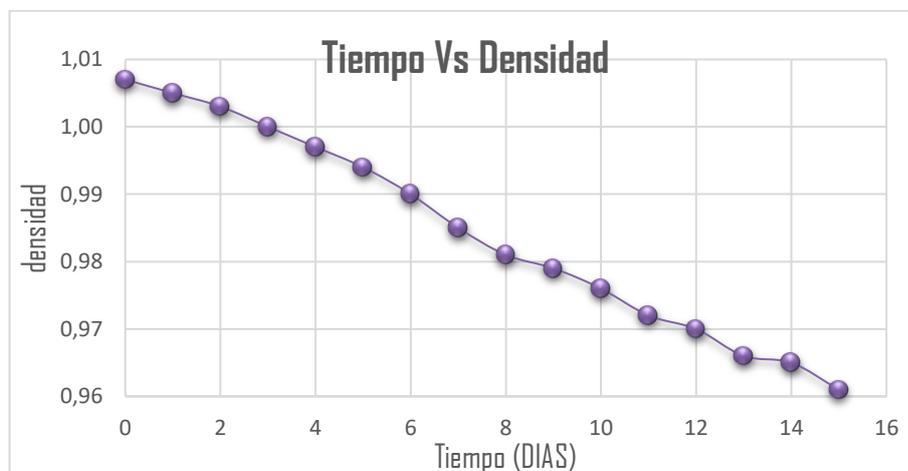
*Con respecto a los grados brix*



**Ilustración 3-12:** Ergonomía del contenedor de lavado

Realizado por: Quispe P., 2023

*Con respecto a la densidad*



**Ilustración 3-13:** Ergonomía del contenedor de lavado

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.8.5.16 Determinación de la cantidad de jugo de guayaba fermentado

$$F_G = \frac{\%R_{Fermentacion} * JF_{Guayaba}}{100}$$
$$F_G = \frac{56,22 \% * 322,36 \text{ L}}{100}$$
$$F_G = 181,23 \text{ L}$$

De acuerdo con el rendimiento experimental obtenido de 56,22%, se obtiene la cantidad de 181,23 L de jugo fermentado de guayaba.

### 3.8.6 Dimensionamiento de la columna de destilación

#### 3.8.6.1 Cálculos y datos necesarios para el diseño de la columna de destilación

##### Fracción molar de alimentación

En el jugo de guayaba fermentando existe 10 °GL (10ml/100ml).

$$m_{etanol} = \frac{0,10 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ ml de mezcla}} * \frac{0,789 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}} * \frac{1 \text{ ml mezcla}}{1.005 \text{ g mezcla}} = 0,08 \frac{\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{agua} = \frac{0,90 \text{ ml H}_2\text{O}}{1 \text{ ml de mezcla}} * \frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ ml H}_2\text{O}} * \frac{1 \text{ ml mezcla}}{1.005 \text{ g mezcla}} = 0,9 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{g mezcla}}$$

$$X_F = \frac{\frac{m_{etanol}}{PM_{etanol}}}{\frac{m_{etanol}}{PM_{etanol}} + \frac{m_{agua}}{PM_{agua}}}$$
$$X_F = \frac{\frac{0,08 \text{ g}}{46,07 \text{ g}}}{\frac{0,08 \text{ g}}{46,07 \text{ g}} + \frac{0,9 \text{ g}}{18,02 \text{ g}}}$$
$$X_F = 0,34$$

##### Fracción molar del destilado

Al destilar el fermentado de guayaba se obtiene 15° GL (15ml/100ml).

$$m_{etanol} = \frac{0,15 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ ml de mezcla}} * \frac{0,789 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}} * \frac{1 \text{ ml mezcla}}{1.005 \text{ g mezcla}} = 0,12 \frac{\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{agua} = \frac{0,85 \text{ ml H}_2\text{O}}{1 \text{ ml de mezcla}} * \frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ ml H}_2\text{O}} * \frac{1 \text{ ml mezcla}}{1.005 \text{ g mezcla}} = 0,85 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{g mezcla}}$$

$$X_D = \frac{\frac{m_{etanol}}{PM_{etanol}}}{\frac{m_{etanol}}{PM_{etanol}} + \frac{m_{agua}}{PM_{agua}}}$$

$$X_D = \frac{\frac{0,12 \text{ g}}{46,07 \text{ g}}}{\frac{0,12 \text{ g}}{46,07 \text{ g}} + \frac{0,85 \text{ g}}{18,02 \text{ g}}}$$

$$X_D = 0,52$$

Fracción molar del residuo alcohólico es  $X_{E_{D3}}$  °GL ( $X_{E_{D3}}/100 \text{ ml}$ )

$$X_{E_{D3}} = 3,75$$

$$m_{etanol} = \frac{0,038 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ ml de mezcla}} * \frac{0,789 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}} * \frac{1 \text{ ml mezcla}}{1.005 \text{ g mezcla}} = 0,0298 \frac{\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{agua} = \frac{0,962 \text{ ml H}_2\text{O}}{1 \text{ ml de mezcla}} * \frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ ml H}_2\text{O}} * \frac{1 \text{ ml mezcla}}{1.005 \text{ g mezcla}} = 0,96 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{g mezcla}}$$

$$X_W = \frac{\frac{m_{etanol}}{PM_{etanol}}}{\frac{m_{etanol}}{PM_{etanol}} + \frac{m_{agua}}{PM_{agua}}}$$

$$X_W = \frac{\frac{0,029 \text{ g}}{46,07 \text{ g}}}{\frac{0,029 \text{ g}}{46,07 \text{ g}} + \frac{0,96 \text{ g}}{18,02 \text{ g}}}$$

$$X_W = 0,12$$

**Tabla 3-34:** Datos para el dimensionamiento de la columna de destilación

$\rho_{etanol} (\frac{\text{g}}{\text{ml}})$	$PM_{etanol} (\frac{\text{Kg}}{\text{mol}})$	$PM_{agua} (\frac{\text{Kg}}{\text{mol}})$	$\sigma_{etanol} (\frac{\text{N}}{\text{ml}})$	$T_{mv} (^{\circ} \text{C})$	$P$ (mmHg)
0,789	46,07	18,02	35,73	78,37	760

Fuente: Iberian Coppers LDA

Realizado por: Quispe P., 2023

Donde:

$$\rho_{etanol} = \text{densidad del etanol} \left( \frac{g}{ml} \right)$$

$$PM_{etanol} = \text{Peso Molecular del etanol} \left( \frac{Kg}{mol} \right)$$

$$PM_{agua} = \text{Peso molecular del agua} \left( \frac{Kg}{mol} \right)$$

$$\sigma_{etanol} = \text{Tensión superficial del etanol} \left( \frac{N}{m} \right)$$

$$T_{mV} = \text{Temperatura media de los vapores} (^{\circ}C)$$

$$P = \text{presión Absoluta (mmHg)}$$

*Peso Molecular del jugo de guayaba fermentado*

$$PM_{FG} = X_F * PM_{etanol} + (1 - X_F) * PM_{agua}$$

Donde:

$$PM_{FG} = \text{Peso molecular del jugo de guayaba fermentado (Kg/mol)}$$

$$X_F = \text{Fracción molar de alimentación}$$

$$PM_{etanol} = \text{Peso molecular del etanol (Kg/mol)}$$

$$PM_{agua} = \text{Peso molecular del agua (Kg/mol)}$$

$$PM_{FG} = 0,034 * 46,07 \left( \frac{Kg}{mol} \right) + (1 - 0,034) * 18,02 \left( \frac{Kg}{mol} \right)$$

$$PM_{FG} = 18,97 \left( \frac{Kg}{mol} \right)$$

*Flujo molar del fermentado de guayaba por hora*

$$F_{GM} = \frac{F_G * \rho_{FGM}}{t}$$

Donde:

$$F_{GM} = \text{Flujo molar del fermentado de jugo de guayaba (mol/h)}$$

$$F_G = \text{Cantidad de jugo de guayaba fermentado (L)}$$

$$\rho_{FGM} = \text{Densidad de jugo de guayaba fermentado (Kg/L)}$$

$$t = \text{Tiempo (h)}$$

$$F_{GM} = \frac{181,23 \text{ L} * 1.005 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}}{1 \text{ h}}$$

$$F_{GM} = 182,13 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ mol}}{18,97 \text{ Kg}}$$

$$F_{GM} = 9,60 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

*Flujo molar del destilado de guayaba por hora*

$$FM_D = \frac{F_{GM} * (X_F - X_W)}{(X_D - X_W)}$$

Donde:

$FM_D$  = Flujo molar del etanol destilado (mol/h)

$F_{GM}$  = Flujo molar del fermentado de jugo de guayaba (mol/h)

$X_F$  = fracción molar alimentación

$X_W$  = fracción molar de residuos

$X_D$  = fracción molar destilación

$$FM_D = \frac{9,60 \frac{\text{mol}}{\text{h}} * (0,034 - 0,012)}{(0,052 - 0,012)}$$

$$FM_D = 5,28 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

*Flujo molar del etanol sobrante*

$$F_{GM} = FM_D + E_S$$

Donde:

$F_{GM}$  = Flujo molar del fermentado de jugo de guayaba (mol/h)

$FM_D$  = Flujo molar del etanol destilado (mol/h)

$E_S$  = Flujo molar del etanol sobrante (kg/h)

$$E_S = F_{GM} - FM_D$$

$$E_S = 9,60 \frac{\text{mol}}{\text{h}} - 5,28 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$E_S = 4,32 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

*Flujo molar del reflujo por hora*

$$R = \frac{F_R}{FM_D}$$

Donde:

R = Reflujo

F<sub>R</sub> = Flujo molar del reflujo (mol/h)

FM<sub>D</sub> = Flujo molar del etanol destilado (mol/h)

$$F_R = FM_D * R$$
$$F_R = 5,28 \frac{mol}{h} * 0,9$$
$$F_R = 4,72 \frac{mol}{h}$$

*Flujo molar por hora del vapor*

$$F_V = F_R + FM_D$$

Donde:

F<sub>V</sub> = Flujo molar de vapor (mol/h)

F<sub>R</sub> = Flujo molar del reflujo (mol/h)

FM<sub>D</sub> = Flujo molar del etanol destilado (mol/h)

$$F_V = 4,72 \frac{mol}{h} + 5,28 \frac{mol}{h}$$
$$F_V = 10 \frac{mol}{h}$$

### 3.8.6.2 *Parámetros de funcionamiento en la destilación*

En la destilación se obtuvo 15 ° GL, según bibliografía resulta ser un valor aceptable, los parámetros para el dimensionamiento de la columna de destilación se muestran en la Tabla 3-35.

**Tabla 3-35:** Parámetros para el proceso de destilado

$X_F$	$X_W$	$X_D$	Q	$R_{min}$	R
0,34	0,12	0,52	0,4	0,3	0,9

Realizado por: Quispe P., 2023

Donde:

$X_F$  = fracción molar de alcohol para alimentación

$X_W$  = fracción molar de residuos

$X_D$  = fracción molar destilación

q = Número de moles que ingresan a la sección de agotamiento.

$R_{min}$  = Reflujo mínimo

R = reflujo

### 3.8.6.3 Datos graficar la curva de equilibrio

Para graficar la curva de equilibrio se usa los datos de la Tabla 3-36. Comenzamos con la ecuación de la fracción molar en el vapor para la volatilidad relativa.  $\alpha = 2,07$

$$Y = \frac{\alpha * X}{1 + X(\alpha - 1)}$$

$$Y = \frac{2,07 * 0,0555}{1 + 0,0555(2,07 - 1)}$$

$$Y = 0,1084$$

**Tabla 3-36:** Parámetros de la curva de equilibrio

X	Y
0	0
0,0555	0,108444994
0,111	0,205377334
0,1665	0,292537909
0,222	0,371333452
0,2775	0,442913044
0,333	0,508224521
0,3885	0,568056679
0,444	0,623071291
0,4995	0,673827686
0,555	0,720801832
0,6105	0,76440131
0,666	0,804977169
0,7215	0,842833401

0,777	0,878234565
0,8325	0,911411987
0,888	0,942568815
0,9435	0,971884183
1	1

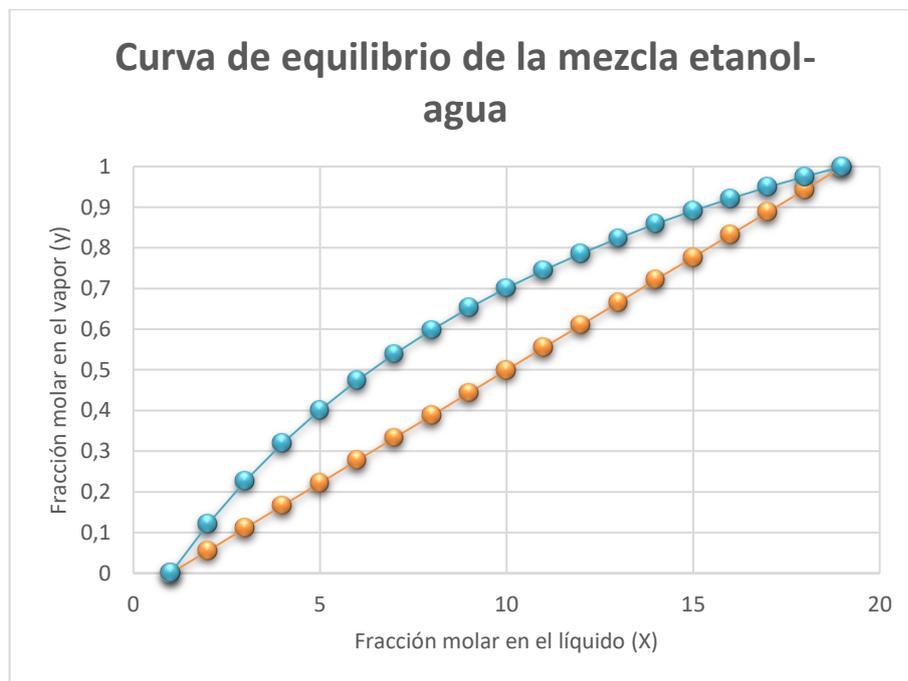
Fuente:(Montaña Rosado & Gómez Ramírez, n.d., p. 13)

Realizado por: Quispe P., 2023

Donde:

X = Fracción molar de alcohol en el líquido.

Y = Fracción molar de alcohol en el vapor.



**Ilustración 3-14:** Curva etanol – agua en equilibrio

Realizado por: Quispe P., 2023

#### 3.8.6.4 Cálculo de los puntos de intersección

$$Y_{in} = \frac{R}{R+1} X_{in} + \frac{X_D}{R+1}$$

$$Y_{in} = \frac{q}{q+1} X_{in} + \frac{X_F}{q+1}$$

Donde:

R = reflujo

q = Número de moles que ingresan a la sección de agotamiento.

$X_F$  = fracción molar de alcohol para alimentación

$X_D$  = fracción molar destilación

Igualar las ecuaciones

$$X_{in} = \frac{X_F * (R + 1) + X_D * (q - 1)}{q * (R + 1) - R * (q - 1)}$$

Reemplazar datos

$$X_{in} = \frac{0,34 * (0,9 + 1) + 0,52 * (0,4 - 1)}{0,4 * (0,9 + 1) - 0,9 * (0,4 - 1)}$$
$$X_{in} = \frac{0,64 + (-0,31)}{0,76 - (-0,54)}$$
$$X_{in} = 0,25$$

Calcular “Y” de intersección

$$Y_{in} = \frac{R}{R + 1} X_{in} + \frac{X_D}{R + 1}$$

Donde:

R = reflujo

$X_D$  = fracción molar destilación

$$Y_{in} = \frac{0,9}{0,9 + 1} X_{in} + \frac{0,52}{0,9 + 1}$$
$$Y_{in} = 0,47(0,25) + 0,27$$
$$Y_{in} = 0,39$$

### 3.8.6.5 Cálculo correspondiente a la línea de operación para el proceso de enriquecimiento

Se propone una ecuación que implica tomar  $X_D$  en vez de x porque son datos a los que hay que llegar.

$$Y_{en} = \frac{R}{R + 1} X_{en} + \frac{X_D}{R + 1}$$

Donde:

R = reflujo

$X_D$  = Fracción molar destilación

$$Y_{en} = \frac{0,9}{0,9 + 1} (0,52) + \frac{0,52}{0,9 + 1}$$

$$Y_{en} = 0,47(0,52) + 0,27$$

$$Y_{en} = 0,52$$

**Tabla 3-37:** Parámetros de la recta de enriquecimiento.

$X_{in}$	$Y_{en}$
0,52	0,52
0,25	0,39

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.8.6.6 Cálculo para la recta de alimentación

Se denomina a  $X_F$  como la fracción molar de alimentación, mientras que la otra  $x$  es la intersección calculada anteriormente.

$$Y_{alim} = \frac{q}{q - 1} X_F - \frac{X_F}{q - 1}$$

Donde:

$q$  = Número de moles que ingresan a la sección de agotamiento.

$X_F$  = fracción molar de alcohol para alimentación

$$Y_{alim} = \frac{0,4}{0,4 - 1} (0,34) - \frac{0,34}{0,4 - 1}$$

$$Y_{alim} = -0,22 - (-0,566)$$

$$Y_{alim} = 0,34$$

**Tabla 3-38:** Parámetros para la recta de alimentación.

$X_{alim}$	$Y_{alim}$
0,34	0,34
0,25	0,39

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.8.6.7 Cálculo para la recta de agotamiento

La fracción molar de los fondos es  $X_w$ , la primera  $x$  calculada es la de la intersección anterior.

$$Y_{ago} = \frac{B}{B-1} X_{ago} - \frac{X_w}{B-1}$$
$$B = \frac{Y_{in} - X_w}{Y_{in} - X_{in}}$$

Donde:

$Y_{in}$  = Punto de intersección “Y”

$X_{in}$  = Punto de intersección “X”

$X_w$  = fracción molar de residuos

$$B = \frac{0,39 - 0,12}{0,39 - 0,25}$$

$$B = 1,92$$

$$Y_{ago} = \frac{1,92}{1,92 - 1} (0,12) - \frac{0,12}{1,92 - 1}$$

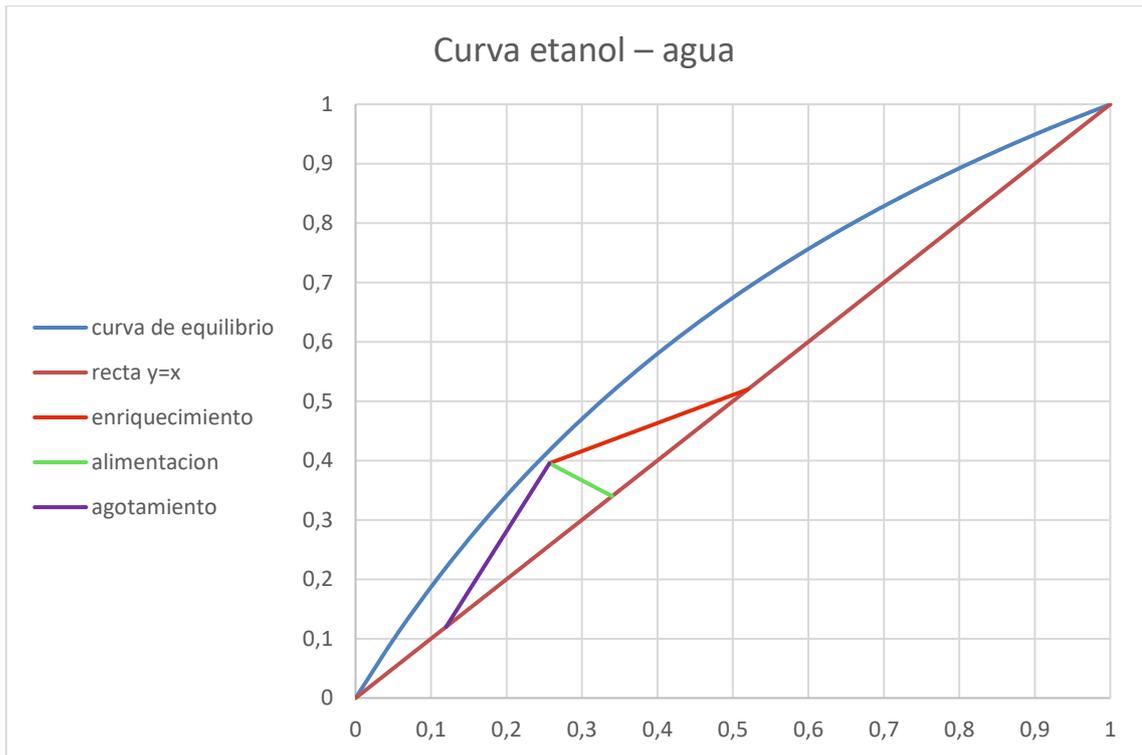
$$Y_{ago} = 0,25 - 0,13$$

$$Y_{ago} = 0,12$$

**Tabla 3-39:** parámetros para la recta de agotamiento

$X_{ago}$	$Y_{ago}$
0,38	0,38
0,12	0,12

Realizado por: Quispe P., 2023



**Ilustración 3-15:** Curva etanol – agua en equilibrio con las distintas rectas.

Realizado por: Quispe P., 2023

### 3.8.6.8 Número de platos

Para identificar los puntos de intersección en la curva de equilibrio, empleamos el cálculo de los valores mínimos y máximos según la tabla de equilibrio, primero encontramos la “x” de interpolación y siguiente la “y” de interpolación.

$$x_{interpolacion} = \frac{(y - y_{min}) * x_{max} + (y_{max} - y) * x_{min}}{y_{max} - y_{min}}$$

$$x_{interpolacion} = \frac{(0,52 - 0,508) * 0,388 + (0,568 - 0,52) * 0,333}{0,568 - 0,508}$$

$$x_{interpolacion} = \frac{0,0046 + 0,0159}{0,06}$$

$$x_{interpolacion} = 0,343$$

$$y_{interpolacion} = \frac{R}{R + 1} * x_{interpolacion} + \frac{x_D}{R + 1}$$

$$y_{interpolacion} = \frac{0,9}{0,9 + 1} * 0,343 + \frac{0,52}{0,9 + 1}$$

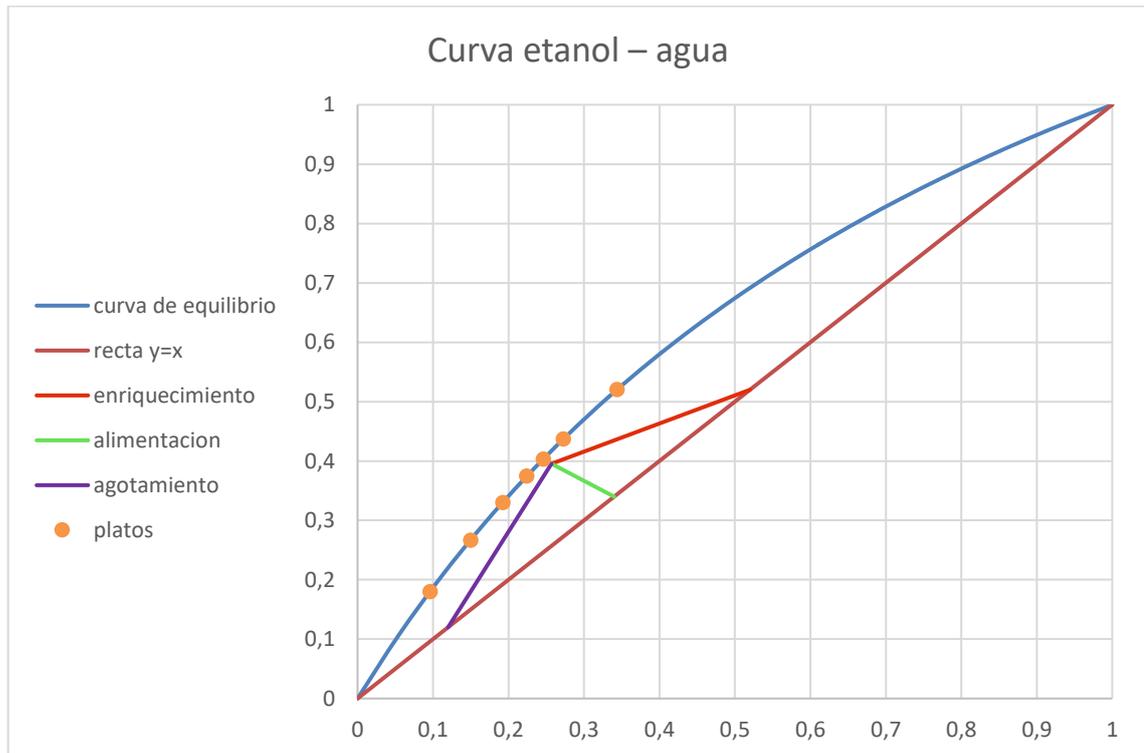
$$y_{interpolacion} = 0,16 + 0,27$$

$$y_{interpolacion} = 0,43$$

**Tabla 3-40:** Datos obtenidos de la interpolación en Excel.

y min	y deseada	y max	x min	x interpolada	x max	y interpolada
0,50822452	0,52	0,56805668	0,333	0,34392287	0,3885	0,39727958
0,37133345	0,39727958	0,44291304	0,222	0,24211761	0,2775	0,32632439
0,29253791	0,32632439	0,37133345	0,1665	0,19029766	0,222	0,29020746
0,20537733	0,29020746	0,29253791	0,111	0,16501607	0,1665	0,27258696
0,20537733	0,27258696	0,29253791	0,111	0,15379612	0,1665	0,26476699
0,20537733	0,26476699	0,29253791	0,111	0,14881671	0,1665	0,26129649
0,20537733	0,26129649	0,29253791	0,111	0,14660685	0,1665	0,25928154
0,20537733	0,25928154	0,29253791	0,111	0,14532382	0,1665	0,25692453
0,20537733	0,25692453	0,29253791	0,111	0,14382298	0,1665	0,25416739
0,20537733	0,25416739	0,29253791	0,111	0,14206735	0,1665	0,25094219
0,20537733	0,25094219	0,29253791	0,111	0,14001369	0,1665	0,24716948
0,20537733	0,24716948	0,29253791	0,111	0,13761139	0,1665	0,2427563
0,20537733	0,2427563	0,29253791	0,111	0,13480127	0,1665	0,23759393

Realizado por: Quispe P., 2023



**Ilustración 3-16:** Curva etanol – agua en equilibrio con el número de platos

Realizado por: Quispe P., 2023

Según la Ilustración 3-16 y los cálculos realizados en Excel de la Tabla 3-40, se requieren 7 platos teóricos para la columna de destilación.

### 3.8.6.9 Eficiencia global del proceso

**Tabla 3-41:** Eficiencia global del proceso

$^{\circ}P_{H_2O}$ (mmHg)	$^{\circ}P_{C_2H_5OH}$ (mmHg)	$\mu_{H_2O}$ (mmHg)	$\mu_{C_2H_5OH}$ (mmHg)
327,80	677,80	0,40	0,49

Fuente: (Capítulo 5: Propiedades físicas de las sustancias alcohol etílico - agua, s. f.)

Realizado por: Quispe P, 2023

Donde:

$^{\circ}P_{H_2O}$  (mmHg) = Presión de vapor de agua a 78 °C

$^{\circ}P_{C_2H_5OH}$  (mmHg) = Presión de vapor de etanol a 78 °C

$\mu_{H_2O}$  (mmHg) = Viscosidad del etanol (cP)

$\mu_{C_2H_5OH}$  (mmHg) = Viscosidad del agua (cP)

*Volatilidad relativa del etanol*

$$\alpha = \frac{{}^{\circ}P_{C_2H_5OH} \text{ (mmHg)}}{{}^{\circ}P_{H_2O} \text{ (mmHg)}}$$

$$\alpha = \frac{677,80 \text{ mmHg}}{327,80 \text{ mmHg}}$$

$$\alpha = 2,07$$

*Viscosidad media del jugo de guayaba fermentado*

$$\mu_{FG} = \mu_{C_2H_5OH} * X_F + \mu_{H_2O} * (1 - X_F)$$

Donde:

$\mu_{FG}$  = Viscosidad media del jugo de guayaba fermentado (cP)

$\mu_{C_2H_5OH}$  = Viscosidad del etanol (cP)

$X_F$  = fracción molar alimentación

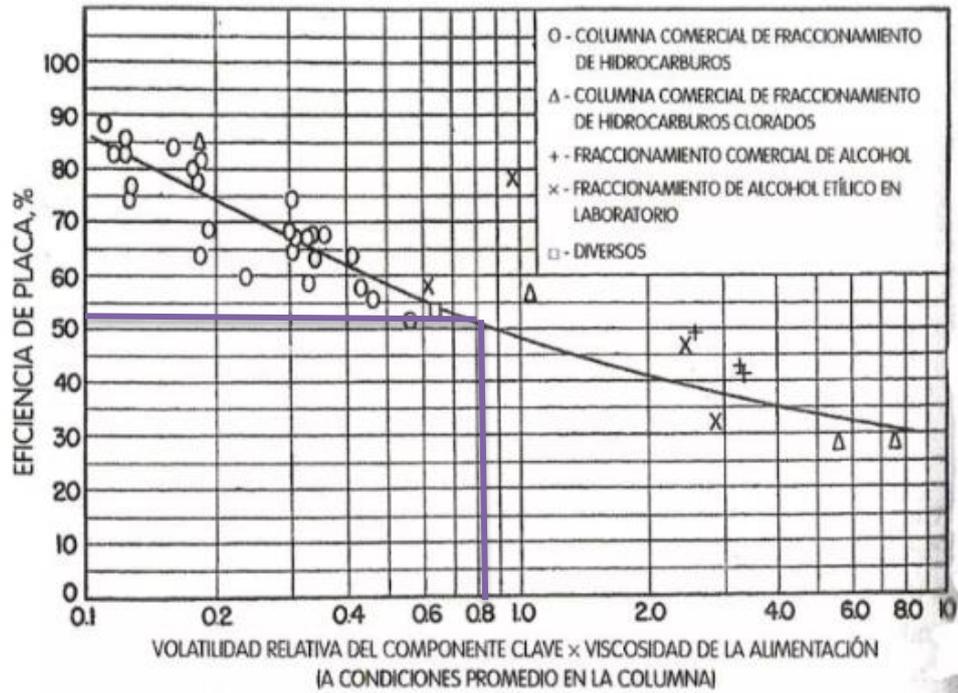
$\mu_{H_2O}$  = Viscosidad del agua (cP)

$$\mu_{FG} = 0,49 * 0,034 + 0,40 * (1 - 0,034)$$

$$\mu_{FG} = 0,403$$

$$\alpha * \mu_F = 2,067 * 0,403$$

$$\alpha * \mu_F = 0,82$$



**Ilustración 3-17:** Correlación de O'Connell para eficiencia total de columnas de destilación

Fuente: Carrasquero, 2022

La destilación realizada en el laboratorio de procesos industriales obtuvo una eficiencia de 55,52 % debido a que los equipos de la institución tienen otras dimensiones. El gráfico se analiza en función de su capacidad, con la expectativa de lograr una eficiencia mayor al 50%.

#### 3.8.6.10 Número de platos real

$$Platos_R = \frac{\text{numero de platos teoricos}}{\text{eficiencia}}$$

$$Platos_R = \frac{7}{0,555}$$

$$Platos_R = 12,6$$

#### 3.8.6.11 Densidad del vapor

$$\rho_{vap} = \frac{PM_{etanol} * 273}{22,4 * (273 + T_{ebullicion\ de\ eta})}$$

$$\rho_{vap} = \frac{46,07 * 273}{22,4 * (273 + 78,37)}$$

$$\rho_{vap} = 1,597 \frac{Kg}{m^3}$$

### 3.8.6.12 Cálculo del coeficiente "K"

$$K = \frac{F_R}{F_V} * \left( \frac{\rho_{vap}}{\rho_{eta}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$F_R$  = Flujo molar del reflujo (mol/h)

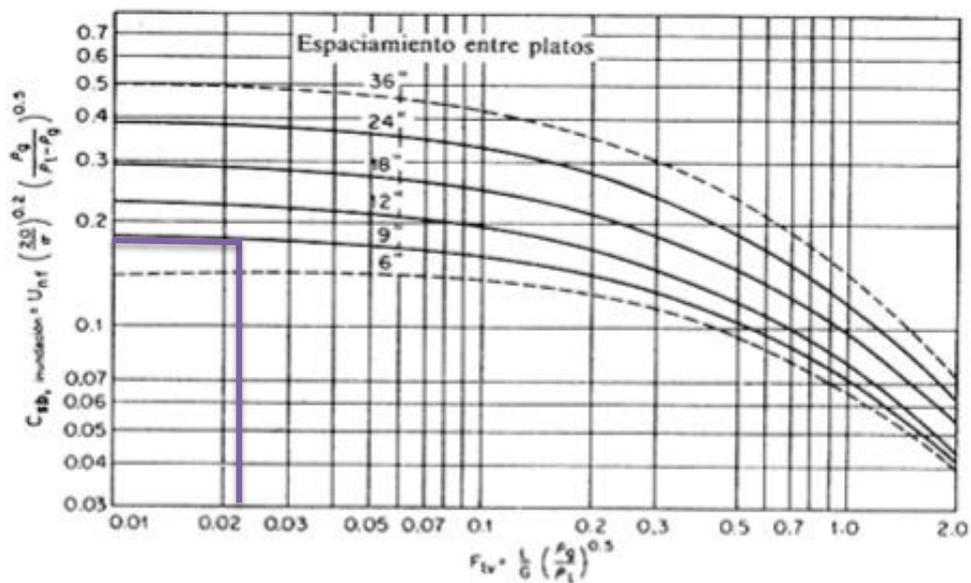
$F_V$  = Flujo molar de vapor (mol/h)

$\rho_{vap}$  = Densidad del vapor  $\frac{Kg}{m^3}$

$\rho_{eta}$  = Densidad del etanol  $\frac{Kg}{m^3}$

$$\frac{F_R}{F_V} * \left( \frac{\rho_{vap}}{\rho_{eta}} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{4,72 \frac{mol}{h}}{10 \frac{mol}{h}} * \left( \frac{1,597 \frac{Kg}{m^3}}{789 \frac{Kg}{m^3}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$K \frac{F_R}{F_V} * \left( \frac{\rho_{vap}}{\rho_{eta}} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,021$$



**Ilustración 3-18:** Cálculo del coeficiente 'k' según la metodología de McCabe para una columna de destilación

Fuente: (Moñino, 2005, p. 5)

Se selecciona la distancia de 6 in entre platos se fundamenta en la optimización del rendimiento de los 13 platos calculados siendo un beneficio para la empresa. El coeficiente “k” es igual a 0,19

### 3.8.6.13 Velocidad de vapores

$$\mu = K * \sqrt{\frac{\rho_{eta} - \rho_{vap}}{\rho_{vap}} * \frac{\sigma_{etanol}}{20}}$$

Donde:

K = Coeficiente necesario para el espaciado de platos

$\sigma_{etanol}$  = Tensión superficial del etanol  $\left(\frac{N}{m}\right)$

$\rho_{vap}$  = Densidad del vapor  $\frac{Kg}{m^3}$

$\rho_{eta}$  = Densidad del etanol  $\frac{Kg}{m^3}$

$$\mu = 0,19 * \sqrt{\frac{789 \frac{Kg}{m^3} - 1,597 \frac{Kg}{m^3}}{1,597 \frac{Kg}{m^3}} * \frac{35,73}{20}}$$

$$\mu = 5,62 \frac{m}{s}$$

### 3.8.6.14 Diámetro de la columna de destilación

$$D_{Col1} = \sqrt{\frac{4 * F_V * (273 + T_{mV}) * 760}{\pi * \mu * 3600 * P}}$$

$F_V$  = Flujo molar de vapor (mol/h)

$T_{mV}$  = Temperatura media de los vapores ( $^{\circ}C$ )

P = presión Absoluta (mmHg)

$\mu$  = Velocidad de los vapores  $\frac{m}{s}$

$$D_{Col1} = \sqrt{\frac{4 * 10 \frac{mol}{h} * (273 + 78,37) * 760}{\pi * 5,62 \frac{m}{s} * 3600 * 760}}$$

$$Columna_1 = 0,48 m$$

### 3.8.6.15 *Altura de la columna*

$h_{col1} = \text{Numero de platos real} * \text{distancia entre platos}$

$$h_{col1} = 13 * 6in\left(\frac{0,0254m}{1in}\right)$$

$$h_{col1} = 13 * 0,15$$

$$h_{col1} = 1,95 \text{ m}$$

### 3.8.6.16 *Altura de la columna total*

$hT_{Col1} = h_{col1} + \text{distancia entre el ultimo plato y final de la columna}$

$$hT_{Col1} = 1,95 + 0,4572$$

$$hT_{Col1} = 2,4 \text{ m}$$

### 3.8.6.17 *Cantidad de etanol al 15 % en la columna de destilación*

$$AD = \frac{\%R_{destilado} * F_G}{100}$$

$$AD = \frac{55,52 * 181,23 \text{ L}}{100}$$

$$AD = 100,61 \text{ L}$$

Según el rendimiento experimental de 55,52 % el alcohol destilado obtenido fue de 100,61 L.

## **3.9 Análisis de costo y beneficio**

Para determinar que este proyecto sea viable y rentable para la empresa Corporiz. S.A es necesario un análisis de costos en los cuales se puede destacar los costos fijos, costos variables.

### **3.9.1 Costo de variables**

En los costos variables se describe los gastos que están asociados al costo de producción y operación, como se indica en la Tabla 3-42.

**Tabla 3-42:** Costos asociados a materia prima, insumos y aditivos

Descripción	Cantidad	Costo unidad (\$)	Costo total (\$)
Guayaba (Kg)	145	0,70	101,5
Levadura (g)	160	0,20	32
Azúcar (Kg)	62,82	0,90	56,53
Agua purificada (L)	236,5	0,30	70,95
Etiquetas (unidad)	100	0,03	3,00
Envases (unidad)	100	0,15	15,00
		<b>Total</b>	278,98

Realizado por: Quispe P, 2024

**Tabla 3-43:** Costos de la producción mensual del licor

Descripción	quincenal	Días laborables	Producción mensual	Costo por Litro (\$)	Costo total (\$)
Litros de licor producido	100	30	200	2,80	574

Realizado por: Quispe P, 2024

**Tabla 3-44:** Otros costos mensuales

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Operador	1	460	460
Total			460

Realizado por: Quispe P, 2024

### 3.9.2 Costos fijos

Los costos fijos son los que se mantienen constantes, aunque la producción menor, en la Tabla 3-45 se detalla los costos fijos para la producción del licor de guayaba.

**Tabla 3-45:** Costos fijos de producción mensual

Descripción	Costo (\$)
Análisis Físicoquímicos del licor	134,4
Transporte (combustible)	30
Servicios básicos (agua, luz, teléfono, internet)	70
TOTAL	234,4

Realizado por: Quispe P, 2024

#### 3.9.2.1 Precio de producción de licor

$$P_p = \frac{C_{\text{fijos producción mensuales}} + C_{\text{variables mensuales}} + C_{\text{otros costos mensuales}}}{L \text{ de producción mensual}}$$

$$P_p = \frac{234,4 \$ + 293,48 \$ + 460 \$}{200 L}$$

$$P_p = 4,93 \frac{\$}{L}$$

### 3.9.3 Precio de venta del licor

El costo del alcohol etílico de 15 °GL a \$ 7,25 es asequible. lo que resultará en beneficios financieros para la empresa una vez que el producto esté en el mercado, en la Tabla 3-46 se detalla el precio del licor para obtener el punto de equilibrio.

### 3.9.4 Punto de equilibrio

**Tabla 3-46:** Punto de equilibrio

Detalle	Mensual (\$)	Anual (\$)
Costos Fijos	234,4	2812,8
Precio al publico	7,25	7,25
Costo variable	4,93	4,93
Punto de equilibrio	101,03	1791,60

Realizado por: Quispe P, 2024

$$Q = \frac{C_F}{P_{publico} - C_V}$$

$$Q = \frac{234,4}{7,25 - 4,93}$$

$$Q = 101,03 \$$$

Para evitar pérdidas económicas, la compañía debe lograr ventas por un total de \$101,03 mensuales y \$1212,36 anuales, alcanzando así el punto de equilibrio.

### 3.9.5 Equipos y maquinarias

**Tabla 3-47:** Costos y mantenimiento de los equipos y maquinarias

Maquinaria y Equipos	Valor	Vida Útil (años)	Inversiones	Mantenimiento (5%)	Seguro (3%)	
			Depreciación (%)			Valor (\$)
Bascula	150,00	5	20	30,00	7,50	4,50
Refractómetro	100,00	5	20	20,00	5,00	3,00
pHmetro	50,00	5	20	10,00	2,50	1,5

Mesa de recepción y lavado	450,00	5	20	90,00	22,5	13,5
Despulpador	1660,00	5	20	332,00	83,00	49,8
Triturador	700,00	5	20	140,00	35,00	21,00
Filtrador	785,00	5	20	157,00	39,25	23,55
Fermentador	4000,00	5	20	800	200,00	120,00
Columna de destilación	10000,00	5	20	2000	500,00	300,00
<b>TOTAL</b>	17895			3579	899,75	

Realizado por: Quispe P, 2024

### 3.9.6 Proyección de ventas y presupuesto

En la proyección de ventas se estima los ingresos futuros que se va a obtener de la venta del licor de guayaba como se indica en la **Tabla 3-48**: Proyección de ventas y fondos de inversión

**Tabla 3-48:** Proyección de ventas y fondos de inversión

<b>Producto</b>	1 L de Licor de guayaba 15° GL	
<b>Precio de venta</b>	\$ 7,25	
<b>Tasa de crecimiento poblacional</b>	1,56%	
<b>Producción quincenal</b>	Producción mensual	Producción anual
<b>100</b>	200	2400
<b>Años</b>	Proyección de Demanda	Proyección de Ventas
<b>1</b>	2400,00	17400,00
<b>2</b>	2437,44	17671,44
<b>3</b>	2475,46	17947,09
<b>4</b>	2514,08	18227,08
<b>5</b>	2553,29	18511,35

Realizado por: Quispe P, 2024

### 3.9.7 Proyección de costos y presupuesto

En la proyección de costos se detalla los costos necesarios para la elaboración del licor, como se muestra en la Tabla 3-49 tenemos los costos de producción, costos administrativos, costo de ventas y costos financieros mediante la cual se estima la viabilidad del proyecto.

**Tabla 3-49:** Proyección de costos y fondos de inversión

<b>Flujo de inflación</b>	0,0113%					
<b>Detalle</b>	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5

<b>Costos de Producción</b>						
<b>Materia Prima Directa</b>	574,00	574,06	574,12	574,18	574,24	574,30
<b>Mano de obra Directa</b>	5520,00	5520,62	5521,24	5521,86	5522,48	5523,10
<b>Mantenimiento y seguros</b>	17895	17897,02	17899,04	17901,06	17903,08	17905,10
<b>Depreciación</b>	3579,00	3579,40	3579,80	3580,20	3580,60	3581,00
<b>Subtotal</b>	27568	27571,1	27574,2	27577,3	27580,4	27583,5
<b>Costos Administrativos</b>						
<b>Servicios básicos</b>	840,00	840,09	840,18	840,27	840,36	840,45
<b>Permisos de Funcionamiento</b>	100,00	100,01	100,02	100,03	100,04	100,05
<b>Análisis de laboratorio</b>	1612,8	1612,98	1613,16	1613,34	1613,52	1613,70
<b>Subtotal</b>	2552,8	2553,08	2553,36	2553,64	2553,92	2554,2
<b>Costo de ventas</b>						
<b>Transporte (Combustible)</b>	360,00	360,04	360,08	360,12	360,16	360,20
<b>Subtotal</b>	360,00	360,04	360,08	360,12	360,16	360,20
<b>Costos Financieros</b>						
<b>Intereses bancarios</b>	50,00	50,00	50,01	50,01	50,02	50,02
<b>Subtotal</b>	50,00	50,00	50,01	50,01	50,02	50,02
<b>TOTAL</b>	30530,8	30534,22	30537,65	30541,07	30544,5	30547,92

Realizado por: Quispe P, 2024

### 3.9.8 Flujo de caja

En la Tabla 3-50 se describe el flujo de caja obtenido ya que es imprescindible para proyectar las necesidades futuras de dinero.

**Tabla 3-50:** Valores de flujo de caja

	Detalles	Años					
		0	1	2	3	4	5
(+)	Ventas netas		17400,00	17671,44	17947,09	18227,08	18511,35
(-)	Costos de producción		27571,1	27574,2	27577,3	27580,4	27583,5
(=)	Utilidad neta de reparto		10171,1	9902,76	9630,21	9353,32	9072,15

(-)	Reparto de utilidades (15%)		1525,665	1485,414	1444,5315	1402,998	1360,8225
(=)	Utilidades antes de impuestos		8645,435	8417,346	8185,6785	7950,322	7711,3275
(-)	Impuesto a la renta		0	0	0	113,62	553,71
(=)	Utilidad neta		8645,435	8417,346	8185,6785	7836,702	7157,6175
(-)	Inversión para equipos	-17895					
(=)	Flujo de caja	-17895	8645,435	8417,346	8185,6785	7836,702	7157,6175
(=)	Flujo de caja actualizada al 15%	-17895	7517,769565	6364,72287	5382,21649	4480,6598	3558,6009
(=)	Flujo de caja acumulado	-17895	-10377,2304	-4012,50756	1369,70893	5850,36873	9408,96963

Realizado por: Quispe P, 2024

**Tabla 3-51: Resultados TIR, VAN, PR**

Detalle	Resultados
Tasa de rendimiento del mercado	15%
VAN (Valor actual neto)	\$9.408,97
TIR (Tasa interna de retorno)	36%
PDR (Plazo de recuperación)	2,74551211

Realizado por: Quispe P, 2024

El TIR calculado en este proyecto tiene un valor de 36 % es mayor que la tasa de rendimiento del mercado con un valor de 15 % por lo tanto el proyecto es sustentable, con un tiempo de recuperación de 34 meses y 28 días.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Resultados del diseño

##### 4.1.1 Caracterización de la materia prima

En la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* se observa los resultados de la caracterización de la materia prima realizados en el laboratorio de procesos industriales y bromatología respectivamente.

**Tabla 4-1:** Resultados de la caracterización de la materia prima

Parámetro	Resultado	Rango de bibliografía
Sólidos totales (g/100ml) Brix (°Bx)	9,66	>8
Acidez	0,59	0,40 - 0,60
pH	4,66	3 - 4,47
Densidad Kg/L	1,005	<1.88
Humedad (%)	77,20	75 – 85
Cenizas Totales	1,05	< 0,73
Índice de madurez	16,37	>13
Índice de refracción	1,33580	9.38 – 17.94

Realizado por: Quispe P, 2024

##### 4.1.2 Calibre de la guayaba

**Tabla 4-2:** Resultado del calibre de la guayaba

	Resultado		Normativa	
	Masa	Diámetro	Masa	Diámetro
Grande	85	51	> 80	> 50
Mediana	-	-	50 – 80	40 - 50
Pequeña	-	-	< 50	< 40

Realizado por: Quispe P, 2024

##### 4.1.3 Caracterización de licor resultante

**Tabla 4-3:** Resultados de la caracterización del licor de guayaba

Requisitos	Unidad	Lab	Mín	Max	Método de ensayo
Grado alcohólico a 15 °C	°GL	15	15	45	INEN 340
Acidez total como ácido acético	*	2,35	-	40	INEN 341

Esteres como acetato de etilo	*	3.90	-	30	INEN 342
Aldehídos como etanal	*	0.05	-	10	INEN 343
Furfural	*	<0.01	-	1.5	INEN 344
Alcoholes superiores	*	9.3	-	150	INEN 345
Metanol	*	0.3	-	10	INEN 347

Realizado por: Quispe P, 2024

#### 4.1.4 Rendimiento de los procesos para la obtención del licor

**Tabla 4-4:** Resultados de los procesos para la obtención del licor

Proceso	Rendimiento
Lavado	98,70%
Despulpado	83,03%
Triturado	100%
Filtración	90,87%
Fermentación	56,22%
Destilación	55,52%
Rendimiento global	69,3%

Realizado por: Quispe P, 2024

#### 4.1.5 Diseño de los equipos

**Tabla 4-5:** Resultados del diseño de los equipos para la obtención del licor

<b>Contenedor de recepción y lavado</b>	
Largo	0,81 m
Ancho	0,81 m
Alto	0,95 m
Material	Acero Inoxidable
Volumen	0,331 m <sup>3</sup>
Área	0,66 m <sup>2</sup>
<b>Despulpadora</b>	
Voltaje	110-220 v
Material	Acero Inoxidable
Poder	2 HP
<b>Triturador</b>	
Altura	1,5 m
Material	Acero Inoxidable
Poder	1,5 HP
<b>Filtrador</b>	
Voltaje	220-380 V
Poder	2 HP
Tamiz	1-5-10 mm
Material	Acero Inoxidable
<b>Fermentador</b>	

Diámetro	0,62 m
Volumen	0,21 m <sup>3</sup>
Altura de paletas	0,21 m
Diámetro de la chaqueta	0,81 m
Espesor de la cámara de calentamiento	0,09 m
Volumen de la cámara de calentamiento	0,12 m <sup>3</sup>
Altura	0,63 m
Diámetro de las paletas de mezclado	0,21 m
Ancho de las paletas	0,04 m
Largo de las paletas	0,05 m
Longitud de la pared del fermentador y los deflectores	0,05 m
Material	Acero Inoxidable
Calor necesario	
<b>Columna de destilación</b>	
Diámetro	0,48 m
Altura	2,4 m
Platos	13
Material	Acero Inoxidable

Realizado por: Quispe P, 2024

#### 4.1.6 *Análisis de costos – beneficios para la elaboración del licor*

**Tabla 4-6:** Resultados de análisis de costos – beneficios

<b>Detalle</b>	<b>Resultados</b>
Precio unitario de 1 L de licor	\$ 7,25
Tasa de rendimiento del mercado	15%
VAN (Valor actual neto)	\$9.408,97
TIR (Tasa interna de retorno)	36%
PR (Plazo de recuperación)	2,74551211

Realizado por: Quispe P, 2024

## 4.2 **Análisis y discusión de resultados**

Para que la bebida alcohólica cumpla con las normativas de calidad, se empieza por caracterizar la materia prima según la normativa NTE INEN 1911:2009. Frutas Frescas. Guayaba. Requisitos, los valores obtenidos en los análisis se comparan además con otros estudios realizados por diferentes autores, sobre la caracterización fisicoquímica de la guayaba, a partir de los estudios realizados por Yam et al. (2010, p. 76), se puede hacer una comparación válida de los siguientes resultados obtenidos: densidad 1,005 Kg/L; pH 4.66; Humedad 77,20 %; cenizas totales 1,05 g los valores encontrados se ubican dentro del intervalo establecido por la bibliografía referenciada con la excepción de las cenizas totales que se encuentra por encima del rango, lo que sugiere un

aumento en el contenido de minerales este fenómeno puede perturbar el proceso de fermentación ya que los microorganismos pueden interactuar con estos minerales, es por eso que se realiza una esterilización del mosto antes de la fermentación con el fin de mitigar este efecto, mientras que según la normativa INEN 1911:2009; los resultados de sólidos totales 9.66, acidez 0.59, índice de madurez 16.37; son valores dentro del rango de la normativa, demostrando que la fruta es apta para la elaboración de licores permitiendo innovar el mercado de bebidas alcohólicas.

En el proceso de fermentación la levadura usada fue LALVIN EC – 1118 con la cual se obtuvo un rendimiento de 56,22 %, en este proceso se incorporó 2 L de agua por cada 1 kg de guayaba, por tal motivo se tuvo que realizar una corrección de grados brix dado que la medición inicial en el refractómetro arrojó un valor de 2,51, para rectificar el mosto se agregó azúcar hasta llegar a 18,88 °Bx, es así que de 20 kg de materia prima se obtuvo 24,96 L de mosto con 10° GL, según (Salazar, 2010, p. 95) en su proceso por 6 kg de pulpa se obtuvo 15 L de mosto en un porcentaje de 11 °GL debido a que tiene 21 °Bx, mediante este dato se determina que mientras más °Bx tenga el mosto producirá un mayor grado alcohólico.

En el proceso de destilación se obtuvo un rendimiento del 55,52 % según los cálculos de balance de masa de 24,96 L de mosto fermentado se obtuvo 13,86 L de licor con un grado alcohólico de 15 °GL, en los estudios realizados por De la Cerda & Bon Rosas (s. f., p. 42), el destilado de guayaba obtenido es de 55° GL, la diferencia de grados alcohólicos puede deberse al diseño de la columna de destilación usada, se compara la validación del licor producido con la normativa NTE INEN 1932:1992-07. Bebidas Alcohólicas. Licores De Frutas. Requisitos, los cuales resultaron favorables Acidez total 2,35 g/cm<sup>3</sup>; ésteres 3,90 g/cm<sup>3</sup>; Aldehídos 0,05 g/cm<sup>3</sup>; Furfural <0,01 g/cm<sup>3</sup>; Alcoholes superiores 9,3 g/cm<sup>3</sup>; metanol 0,3 g/cm<sup>3</sup>, se puede decir que los valores están dentro del rango de la normativa de tal modo que es un producto apto para el consumo.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se diseñó un proceso de producción industrial para la obtención de una bebida alcohólica a partir de la guayaba (*Psidium guajava* L) para la empresa CORPORIZ S.A, es así que los procesos empleados en este diseño fueron Lavado, Despulpado, Trituración, Filtración, Fermentación, Destilación, con un rendimiento de 55,52 % de licor de guayaba con 15°GL.
- Se realizó la caracterización fisicoquímica de la materia prima según la normativa NTE INEN 1911:2009. Frutas Frescas. Guayaba. Requisitos en el cual se pudo evidenciar el cumplimiento de los parámetros como son sólidos totales (9.66), acidez (0.59), índice de madurez (16.37), además de otros parámetros necesarios para el proceso de fermentación como son: densidad (1,005 Kg/L); pH (4.66); Humedad (77,20 %); cenizas totales (1,05 g).
- Se realizó el proceso de obtención de la bebida alcohólica iniciando por la preparación del sustrato en la cual se realizó la esterilización del mosto a una temperatura de 55 °C en el autoclave, luego en el proceso de inoculación se usó la levadura LALVIN EC-118 que fue activada a 25 °C, para incorporarla al mosto obteniendo una fermentación anaeróbica (sin oxígeno), finalmente se realizó la clarificación para remover los sedimentos generados por las levaduras, todo el proceso se llevó a cabo siguiendo las normativas de seguridad alimentaria como son el uso de cofia, guantes, mandil y mascarilla, además de usar espacios limpios para evitar contaminar el producto.
- Se realizó los cálculos de ingeniería en base a las variables de Temperatura (Activación de levaduras 25 °C, fermentación 25 °C, destilación 78,3 °C), Tiempo (Triturado 15 min, Activación de levaduras 25 min, Fermentación 360 h, Destilación 16 h) y pH (Fermentación 4.66) las que fueron requeridas para el diseño de los equipos definiendo el porcentaje de rendimiento en cada uno de los procesos; Lavado (98,70 %); Despulpado (83,03 %); Triturado (100 %); Filtración (90,87 %); Fermentación (56,22 %); Destilación (55,52%), finalizando con un rendimiento global del proceso de (69,3 %).
- Se realizó la validación técnica y económica del proyecto según la normativa NTE INEN 1932:1992-07. Bebidas Alcohólicas. Licores De Frutas. Requisitos, los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio resultaron favorables siendo estos Acidez total (2,35 g/cm<sup>3</sup>); esterres (3,90 g/cm<sup>3</sup>); Aldehídos (0,05 g/cm<sup>3</sup>); Furfural (<0,01 g/cm<sup>3</sup>); Alcoholes superiores (9,3 g/cm<sup>3</sup>); metanol (0,3 g/cm<sup>3</sup>) resultando en un licor apto para consumo, mientras que para la validación económica se realizó un análisis de costo y beneficio con una tasa de

rendimiento del 15%, un TIR del 36% para el proyecto, dando como resultado un plazo de recuperación de 2 años y 7 meses para empezar a generar ganancias y recuperar la inversión.

## **5.2 Recomendaciones**

- La materia prima (Guayaba) debe ser procesada de forma inmediata, para evitar que esta se madure debido a que es una fruta perecible, y evitar la pérdida de las propiedades organolépticas para que el licor mantenga un sabor y olor agradable.
- La activación de las levaduras se debe realizar bajo las indicaciones del sobre en la que vienen contenidas además de tener una asepsia completa y mantener una temperatura constante de 30 ° C para que se puedan activar de manera eficaz.
- El residuo obtenido de la fermentación del mosto se puede utilizar para la creación de nuevos productos generando una economía circular como por ejemplo la elaboración de compost.
- Los equipos y lugar de trabajo se deben esterilizar antes de usarlos para evitar la contaminación y mantener los estándares de calidad.
- Los equipos como el refractómetro, balanza analítica y pHmetro deben estar calibrados para garantizar la precisión y fiabilidad de las mediciones debido a que es crucial en los cálculos de ingeniería para no afectar el rendimiento del proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUIRRE, Sandy.** “Efecto de la criomaceración de la flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y guayaba (*Psidium guajava*) en el color de una bebida alcohólica en el espacio cie  $L^*a^*b^*$ ”. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. (2021).
2. **ARTEAGA, Antonio; et al.** Monitoreo del proceso fermentativo de cuatro licores de frutas (*Passiflora edulis*, *Citrus cinensis*, *Citrus nobilis* y *Citrus máxima*). Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, (2019) 4(8), 752-764. <https://doi.org/10.35381/r.k.v4i8.485>
3. **BESTRATÈN, Manuel; et al.** (s. f.). Ergonomía.
4. **BLACK, Kirsty, & WALKER, Graeme.** Yeast Fermentation for Production of Neutral Distilled Spirits. En Applied Sciences (Switzerland) (Vol. 13, Número 8). (2023) MDPI. <https://doi.org/10.3390/app13084927>
5. **BOLON.** Fractional Distillation. (2022).
6. **CAIZA, Roberto.** “Inducción de floración y cosecha en la guayaba (*Psidium guajava*), mediante la aplicación de nitrato de potasio ( $KNO_3$ )”. Universidad Técnica de Ambato.(2019). 139-151.
7. **CASTELO, Adriana; et al.** Conservación poscosecha de guayaba empleando un recubrimiento comestible de quitosano-gelatina. (2022). <https://www.researchgate.net/publication/361144308>
8. **CÓRDOVA, Melissa; et al.** Cinética de fermentación acética utilizando *acetobacter aceti* como agente biológico. Revista Científica “INGENIAR”: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 5(10) (2022), 81-94. <https://doi.org/10.46296/ig.v5i10.0064>
9. **DA SILVA, Thairla; et al.** Physicochemical, antioxidant, rheological, and sensory properties of juice produced with guava pulp and peel flour. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 93(4) (2021). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191175>

10. **DE LA CERDA, Eduardo, & BON, Fernando.** Utilización de guayaba de bajo costo comercial para la obtención de productos alcohólicos. Programa de Investigación en Alimentos, 38-42. (s. f.).
11. **ESCOBAR, Rael; et al.** Catálogo de maquinaria para procesamiento de damasco. (2023).
12. **FILHO, Milton; et al.** Banana liqueur: Optimization of the alcohol and sugar contents, sensory profile and analysis of volatile compounds. LWT, 97, (2018) 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.044>
13. **FISCHER, Gerhard, & MELGAREJO, Luz.** Ecophysiological aspects of guava (*Psidium guajava* L.). A review. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 15(2). (2021). <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i2.12355>
14. **GALAZKA, Joanna.** Fermentacja i inne przemiany żywności. (2020).
15. **Guallichico, Rita.** Investigación de las características fisicoquímicas y nutricionales de la especie *Psidium Guajava* L. (guayaba) de las variedades latinoamericanas de mayor exportación. (2022).
16. **GUPTA, Moni; et al.** Nutraceutical Potential of Guava (pp. 1-27). (2018). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8\\_85-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_85-1)
17. **HELLER, Daniel, & EINFALT, Daniel.** Reproducibility of Fruit Spirit Distillation Processes. Beverages, 8(2) (2022). <https://doi.org/10.3390/beverages8020020>
18. **HOFFMEISTER, H., & ZIEGLER, C.** Gärungen. (2022).
19. **JOSHI, Homi; et al.** Organoleptic characteristics and nutritive value of candy developed from new varieties of guava. (2019). <https://www.researchgate.net/publication/346604450>
20. **LIU, Shuxun; et al.** Chemical composition of bilberry wine fermented with non-Saccharomyces yeasts (*Torulasporea delbrueckii* and *Schizosaccharomyces pombe*) and *Saccharomyces cerevisiae* in pure, sequential and mixed fermentations. Food Chemistry, 266, 262-274. (2018). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.003>

21. **LÓPEZ DE LA MAZA, L. E.; et al.** Application of principal component analysis to alcoholic fermentation. *Revista Científica de la UCSA*, 6(2), 11-19 (2019). <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2019.006.02.011-019>
22. **MAESTRE, Lina.** Ergonomía ocupacional. *Fundación Universitaria del Área Andina*, 18-28. (s. f.).
23. **MEX, Rafael; et al.** Uso etnobotánico de *Psidium guajava* en tres estados de México. *RICS Revista Iberoamericana de las Ciencias de la Salud*, 11(22). (2022). <https://doi.org/10.23913/rics.v11i22.115>
24. **M.M.J.** Hidráulica de platos. Proyecto Fin de Carrera. Diseño de una Columna de DME, 1-25. (2005).
25. **MONTAÑA, Iván, & GÓMEZ, Jorge.** Implementación del método-D-SDA y variables de decisión externa-para el diseño óptimo de columnas de destilación extractiva. (s. f.).
26. **PAQUI, Nathaly.** Elaboración de licores artesanales a base de flores: rosas, begonia, malvas olorosas y violetas. (2019).
27. **PEREZ, Osney; et al.** View of Evaluation of thermodynamics properties of ethanol-water mixtures (I). *Fac. Ing. Univ. Antioquia*, 47-61. (2010).
28. **PRAKASH, Rohit.** Distillation\_rectification\_english. *Thermal process engineering*, 294-295. (2023).
29. **RIVERA, María; et al.** Condiciones de maceración y fermentación que incrementan el contenido de etanol en mosto fermentado para whisky de malta. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, XXIV, 133-141. (2021). <http://biotecnia.unison.mx>
30. **SEROOR, Atalan.** (2021). Destilación Simple. (2021). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23099.75047>

31. **STRNAD, Szymon, & SATORA, Paweł.** Utilization of brine created during the process of white cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata f. alba) fermentation. *Inżynieria Ekologiczna*, 19(3), 77-83 (2019). <https://doi.org/10.12912/23920629/91026>
32. **WALKER, Graeme, & WALKER, Roy.** Enhancing Yeast Alcoholic Fermentations. *Advances in Applied Microbiology*, 105, 87-129 (2018). <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2018.05.003>
33. **YAM, Antonio; et al.** Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. En *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* (Vol. 19, Número 4) (2010).
34. **YOUSAF, Ali; et al.** Physico-chemical and nutraceutical characterization of selected indigenous guava (*Psidium guajava* l.) cultivars. *Food Science and Technology (Brazil)*, 41(1), (2021) 47-58. <https://doi.org/10.1590/fst.35319>
35. **ZAMEER, Syed; et al.** Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas Nutritional and Health Benefits. (2021).

Total 35 referencias bibliográficas.

## ANEXOS

### ANEXO A: RESULTADOS DE LABORATORIO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL LICOR DE GUAYABA



**Multianalityca S.A.**  
Laboratorio de Análisis y Aseguramiento de Calidad

**INFORME DE RESULTADOS** INF.DIV-IN.78335a

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente:	QUISPE ACURIO PAMELA ALDIANDRA
Dirección:	RIOBAMBA, RAFAEL FERRER
Teléfono:	0983811391

**DATOS DE LA MUESTRA**

Descripción:	LICOR DE GUAYABA		
Lote:	—	Contenido Declarado:	250 ml
Fecha de elaboración:	2023-12-30	Fecha de vencimiento:	2024-12-30
Fecha de recepción:	2024-01-31	Hora de recepción:	11:33:20
Fecha de análisis:	2024-02-02	Fecha de emisión:	2023-02-08
Material de envase:	VIDRIO		
Toma de muestra realizada por:	EL CLIENTE		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio		

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA**

Color:	Característico.	Olor:	Característico.
Estado:	Líquido.	Conservación:	Ai Ambiente
Temperatura de la muestra:	AMBIENTE		

**RESULTADOS INSTRUMENTAL**

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA
GRADO ALCOHOLICO	15	*GL	MIN-06	NTE INEN-340-2036 (Método alcoholímetro de vidrio)
ACIDEZ TOTAL	2.35	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	MIN-163	NTE INEN-341-1978 / volumetría
FURFURAL CG	<0.01	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	MIN-88	NTE INEN-2014-2015/CG-FID
METANOL CG	0.3	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	MIN-24	NTE INEN-2014-2015/CG-FID
ALCOHOLES SUPERIORES CG	9.3	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	MIN-87	NTE INEN-2014-2015/CG-FID
ALDEHIDOS	0.05	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	MIN-86	NTE INEN-2014-2015/CG-FID
ESTERES	3.90	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	MIN-85	NTE INEN-2014-2015/CG-FID

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.  
Cualquier información adicional correspondiente a los ensayos está a disposición del cliente cuando lo solicite.  
El tiempo de retención de las muestras en el laboratorio a partir de la fecha de Ingreso serán de 15 días para muestras perecibles y 1 mes calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para análisis microbiológicos 5 días laborables a partir de la fecha de análisis, posterior a este tiempo, el laboratorio no podrá realizar reensayos para verificación de datos o valores no conformes por parte del cliente.



JORGE BRAZO NSD-109 Y CARTHAN CRISTINA SANDOVAL  
LA CONCEPCIÓN-QUITO-PIEDRA NEGRA-ECUADOR  
Tel: (02) 380 0247, 226 9361, 244 8670 / email: informes@multianalityca.com

**ANEXO B:** NORMA NTE INEN 1911:2009. FRUTAS FRESCAS. GUAYABA.  
REQUISITOS



**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1 911:2009**  
**Primera revisión**

---

**FRUTAS FRESCAS. GUAYABA. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

FRESH FRUITS. GUAVA. REQUIREMENTS.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, frutas, frutas frescas, guayaba, requisitos.  
AL 02.03-443  
CDU: 634.42  
CIIU: 1110  
ICS: 67.080.10

Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Obligatoria

FRUTAS FRESCAS.  
GUAYABA.  
REQUISITOS.

NTE INEN  
1 911:2009  
Primera revisión  
2009-07

### 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las guayabas en estado fresco, destinadas para consumo, después de su acondicionamiento y empaçado, que se comercialicen dentro del territorio ecuatoriano.

### 2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a la guayaba *Psidium guajava* L.

### 3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 1 751 y las que a continuación se detallan:

3.1.1 Guayaba. *Psidium guajava* L de la familia Myrtaceae. El fruto es una baya redondeada, ovoide, globosa o piriforme de color exterior amarillo verdoso o amarillo claro en su madurez. La pulpa es de color blanco amarillento o rosado, con sabor dulce y aromático. La forma del fruto depende de la variedad, lo mismo que el color de la pulpa y la cáscara, los hay redondos como pelotas y ovalados en forma de pera. La madurez se observa en la cáscara cuando alcanzan un color verde amarillento, o amarillo rosado.



3.1.2 Fruto fuera de norma. Es aquel que no cumple con los requisitos establecidos en esta norma.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, frutas, frutas frescas, guayaba, requisitos.

#### 4. CLASIFICACIÓN

**4.1 Independiente del calibre y del color, la clasificación de la guayaba admite tres grados que se definen a continuación:**

**4.1.1 Grado extra.** Las guayabas de este grado deben cumplir los requisitos generales definidos en el numeral 6.1 Su forma y color deben ser característicos de la variedad. No deben tener defectos, salvo defectos superficiales muy leves de la cáscara siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad y estado de conservación.

**4.1.2 Grado I.** Las guayabas de este grado deben poseer el color y la forma característicos de la variedad. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad y estado de conservación:

- a) Defectos leves en la forma (alargamientos o deformaciones);
- b) Defectos leves en el color;
- c) Defectos leves en la piel debidos a raspaduras y otros defectos superficiales tales como quemaduras producidas por el sol, manchas y costras. Estos defectos en conjunto no deben exceder el 5 % del área total del fruto.

En ningún caso los defectos deben afectar a la pulpa del fruto.

**4.1.3 Grado II.** Este grado comprende las guayabas que no pueden clasificarse en los grados anteriores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados en 6.1. Se admiten los siguientes defectos, siempre y cuando las guayabas conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación:

- a) Defectos leves en la forma (alargamientos o deformaciones);
- b) Defectos leves en el color;
- c) Defectos leves en la piel debidos a raspaduras y otros defectos superficiales tales como quemaduras producidas por el sol, manchas y costras. Estos defectos en conjunto no deben exceder el 10 % del área total del fruto.

**4.2 Calibre.** El calibre se determina por el diámetro en mm de la sección ecuatorial de la fruta, la y la masa en g. La correlación es la siguiente:

**TABLA 1. Calibres de la guayaba**

Calibre	Masa, g (ver 8.1.2)	Diámetro, mm (ver 8.1.2)
Grande	> 80	> 50
Mediana	50 - 80	40 - 50
Pequeña	< 50	< 40

**4.3 Tolerancias.** Se admiten las siguientes tolerancias de calidad y calibre en cada unidad de empaque para los productos que no cumplan los requisitos del grado indicado.

##### 4.3.1 Tolerancias de calidad

**4.3.1.1 Grado extra.** Se admite hasta el 5% en número o en peso de frutos que no correspondan a los requisitos de este grado.

**4.3.1.2 Grado I.** Se admite hasta el 10% en número o en peso de frutos que no correspondan a los requisitos de este grado.

(Continúa)

**4.3.1.3 Grado II.** Se admite hasta el 10% en número o en peso de frutos que no cumplan los requisitos de este grado, ni los requisitos generales definidos en el numeral 6.1, con excepción de los productos con magulladuras severas o con heridas no cicatrizadas.

**4.3.2 Tolerancias de calibre.** Para todos los grados se acepta hasta el 10% en número o en peso de frutos, que correspondía al calibre inmediatamente inferior o superior, al señalado en el empaque.

## 5. DISPOSICIONES GENERALES

**5.1** Los frutos destinados a la comercialización, deben cumplir con los grados y calibres considerados anteriormente, deben estar bien formados, pulpa carnosa. Su corteza de color típico de la variedad. El producto no debe tener heridas, pudriciones, daños causados por plagas.

**5.2** El proveedor debe garantizar que la muestra inspeccionada cumpla con el grado y calibre declarado en el rótulo o etiqueta del envase o embalaje.

## 6. REQUISITOS

**6.1 Requisitos específicos.** Además de los requisitos y tolerancias permitidas para cada grado, la guayaba debe tener las siguientes características físicas:

**6.1.1** Estar enteras

**6.1.2** La forma característica de la variedad de la guayaba

**6.1.3** Estar sanas (libres de ataques de plagas y/o enfermedades, que demeriten la calidad interna del fruto).

**6.1.4** Estar libres de humedad externa anormal producida por mal manejo en las etapas poscosecha (recolección, acopio, selección, clasificación, adecuación, empaque, almacenamiento y transporte)

**6.1.5** Estar exentas de cualquier olor y/o sabor extraño (provenientes de otros productos, empaques o recipientes y/o agroquímicos, con los cuales hayan estado en contacto)

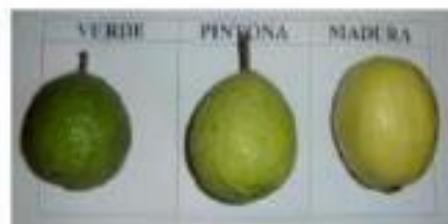
**6.1.6** Presentar aspecto fresco y consistencia firme.

**6.1.7** Estar exentos de materiales extraños (tierra, polvo, agroquímicos y cuerpos extraños) visibles en el producto o en su empaque.

**6.2 Requisitos de madurez.** La madurez de la guayaba se aprecia visualmente por su color externo. Su estado se puede confirmar por medio de la determinación de los sólidos solubles totales y acidez titulable.

**6.2.1** La siguiente descripción relaciona los cambios de color con los diferentes estados de madurez:

### Guayaba Pulpa Blanca



### Guayaba Pulpa Rosada



(Continúa)

**6.2.2** Las guayabas deben cumplir con los requisitos indicados en la tabla 2

**TABLA 2. Requisitos físico químicos de las guayabas de acuerdo con su estado de madurez**

	MADUREZ FISIOLÓGICA		MADUREZ COMERCIAL		METODO DE ENSAYO
	Min	Máx.	Min	Máx.	
<b>GUAYABA BLANCA</b>					
Acidez titulable % (ácido cítrico)	-	< 0,40	0,40	0,50	NTE INEN 381
Sólidos solubles totales, °Brix	-	< 10,0	10,0	-	NTE INEN 380
Índice de madurez (°Brix/acidez)	-	< 20	20	-	Ver 8.3
<b>GUAYABA ROSADA</b>					
Acidez titulable % (ácido cítrico)	-	< 0,40	0,40	0,60	NTE INEN 381
Sólidos solubles totales, °Brix	-	< 8,0	8,0	-	NTE INEN 380
Índice de madurez (°Brix/acidez)	-	< 13,0	13,0	-	Ver 8.3

**6.2.3** Los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius

### 6.3 Requisitos complementarios

**6.3.1** El desarrollo y condición de las guayabas deben ser tales que les permitan:

- Soportar el transporte y la manipulación, y
- Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.

**6.3.2** Para su comercialización se debe tener en cuenta que el fruto es climatérico.

**6.3.3** La comercialización de este producto debe sujetarse con lo dispuesto en la Ley de Calidad y las Reguleaciones correspondientes.

## 7. INSPECCIÓN

**7.1 Muestreo.** El muestreo de las guayabas se realizará de acuerdo con la NTE INEN 1 750.

**7.2 Aceptación y rechazo.** Si la muestra inspeccionada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en esta norma, se considera rechazada. En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tal fin. Cualquier resultado no satisfactorio, en este segundo caso, será motivo para considerar el lote como fuera de norma, y se debe rechazar el lote quedando su comercialización sujeta al acuerdo de las partes interesadas.

## 8. MÉTODO DE ENSAYO

### 8.1 Determinación del calibre

**8.1.1 Diámetro ecuatorial.** Se mide el diámetro de la sección ecuatorial del fruto con un calibrador y el resultado se expresa en milímetros (mm).

**8.1.2 Masa.** Se pesa el fruto en una balanza y el resultado se expresa en gramos (g).

**8.2 Determinación del índice de madurez.** Se obtiene de la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales y el valor máximo de la acidez titulable. Se expresa como °Bx / % ácido cítrico

(Continúa)

ANEXO C: NORMATIVA NTE INEN 1932:1992-07. BEBIDAS ALCOHÓLICAS.  
LICORES DE FRUTAS. REQUISITOS

CDU: 663.5  
CIIU: 3131



AL 04.02-411

Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Voluntaria

BEBIDAS ALCOHÓLICAS.  
LICORES DE FRUTAS.  
REQUISITOS

INEN 1932  
1992-07

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los licores de frutas para considerarse aptos para el consumo humano.

2. DEFINICIONES

2.1 Licor de frutas. Es la bebida alcohólica obtenida por maceración y/o destilación de frutas con o sin otras sustancias vegetales y/o por adición de extractos con alcohol etílico rectificado, extraneutro o aguardiente de caña rectificado, pudiendo edulcorarse o no con azúcares o mieles y colorearse o no con caramelo o sustancias naturales de uso permitido.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Los licores de frutas pueden adicionarse con sustancias aromáticas y/o edulcorantes naturales de uso permitido.

3.2 Los licores de frutas no deben contener sustancias empleadas comúnmente como desnaturantes de alcoholes ni ácidos minerales u orgánicos extraños a la composición normal del producto.

3.3 Los licores de frutas no deben contener esencias que no sean los extractos naturales de frutas maceradas y/o destiladas.

3.4 Los licores de frutas no deben contener extractos, mezclas aromáticas, materias colorantes, edulcorantes artificiales ni sustancias conservadoras de uso prohibido.

3.5 El agua utilizada para hidratar el producto hasta los niveles establecidos en la tabla 1, debe ser potable, según norma INEN 1 108. También podrá ser destilada, desionizada o desmineralizada.

4. REQUISITOS

4.1 Pueden ser del color natural característico de las frutas, reforzados con caramelo de sacarosa y/o colorantes permitidos.

4.2 Las características organolépticas deben ser las de las frutas utilizadas en el proceso.

4.3 Los licores de frutas deben cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos de los licores de frutas.

REQUISITOS	UNIDAD	Min.	Max.	METODO DE ENSAYO
Grado alcohólico a 15°C	*GL	15	45	INEN 340
Acidez total, como ácido acético	"	-	40	INEN 341
Esteres, como acetato de etilo	"	-	30	INEN 342
Aldehídos, como etanal	"	-	10	INEN 343
Furfural	"	-	1,5	INEN 344
Alcoholes superiores	"	-	150	INEN 345
Metanol	"	-	10	INEN 347
* mg/100 cms de alcohol anhidro				

(Continúa)

DESCRIPCIÓN: licores espirituosas, alcoholes, aguardientes, licores, fermentación, destilación, maceración, requisitos.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-31000 - Baquerizo Moreno ES-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

## 5. INSPECCION

- 5.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo a la Norma INEN 339.
- 5.2 En la muestra extraída se efectuarán los ensayos indicados en el numeral 4 de esta norma.
- 5.3 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en el numeral 4 de esta norma, se extraerá una nueva muestra y se repetirán los ensayos.
- 5.4 Si alguno de los ensayos repetidos no cumpliera con los requisitos establecidos, se rechazará el lote correspondiente.

## 6. ENVASADO Y ROTULADO

### 6.1 Envasado.

6.1.1 Los licores de frutas deben envasarse en botellas de vidrio, cerámica u otros de uso autorizado para bebidas alcohólicas de forma, color, dimensiones y capacidad que se establecerán en las normas correspondientes.

6.1.2 Los envases deben estar perfectamente limpios antes del llenado.

6.1.3 Los envases deben disponer de un adecuado cierre o tapa y sellarse de manera que se garantice la inviolabilidad del recipiente y las características del producto.

6.1.4 El espacio libre debe estar comprendido entre el 2 y 5% del volumen del envase comercial (ver INEN 359).

### 6.2 Rotulado

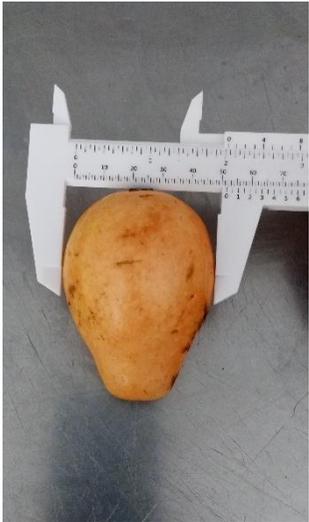
6.2.1 En todos los envases deben constar, con caracteres legibles e indelebles, la información siguiente:

- a) razón social de la empresa con personería jurídica o nombre del fabricante.
- b) denominación del producto. Licor de frutas o Licor de ..... especificando las frutas utilizadas,
- c) contenido neto, en centímetros cúbicos o litros,
- d) grado alcohólico del producto, expresado en grados GAY LUSAS (\*GL)
- e) norma INEN de referencia,
- f) número de Registro Sanitario,
- g) número del lote,
- h) leyenda "Industria Ecuatoriana",
- i) dirección domiciliar del fabricante, ciudad y país; y
- j) las demás especificaciones exigidas por la ley.

6.2.2 No deben tener leyendas de significado ambiguo ni descripción de las características del producto que no puedan comprobarse debidamente.

6.3 La comercialización de este producto cumplirá con lo dispuesto en las Regulaciones y Resoluciones dictadas con sujeción a la Ley de Pesas y Medidas.

**ANEXO D: MATERIA PRIMA**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 						
<p><b>NOTAS:</b></p> <p>a) Materia Prima (Guayaba).          b) Recepción de la materia prima.          c) Pesado de la materia prima.          d) Determinación del calibre de la guayaba.</p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input type="checkbox"/> Información                      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE          CHIMBORAZO          FACULTAD DE CIENCIAS          ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA          ELABORADO POR:          PAMELA QUISPE</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1617 1222 1747 1289"><b>LÁMINA</b></td> <td data-bbox="1747 1222 1899 1289"><b>ESCALA</b></td> <td data-bbox="1899 1222 1975 1289"><b>FEC</b></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1617 1289 1747 1355">1</td> <td data-bbox="1747 1289 1899 1355">1:1</td> <td data-bbox="1899 1289 1975 1355">2024/ 05/30</td> </tr> </table>	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FEC</b>	1	1:1	2024/ 05/30
<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FEC</b>							
1	1:1	2024/ 05/30							

**ANEXO E: CARACTERIZACIÓN DE LA GUAYABA**

e)



f)



g)



h)



**NOTAS:**

- e) Pelado de la materia prima
- f) Trituración de la guayaba.
- g) Determinación de sólidos solubles
- h) Determinación de la acidez titulable.

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA:**

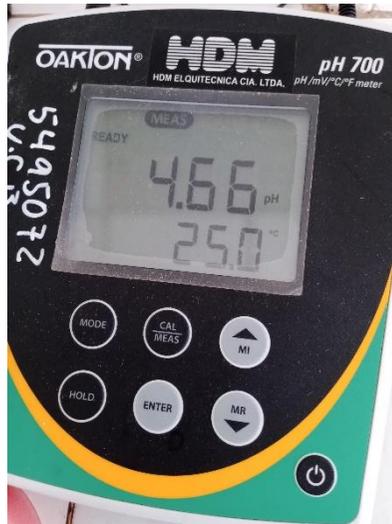
- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE  
**CHIMBORAZO**  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
 ELABORADO POR:  
 PAMELA QUISPE

LÁMINA	ESCALA	FEC HA
2	1:1	2024/ 05/30

**ANEXO F: PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA GUAYABA**

i)



j)



k)



l)



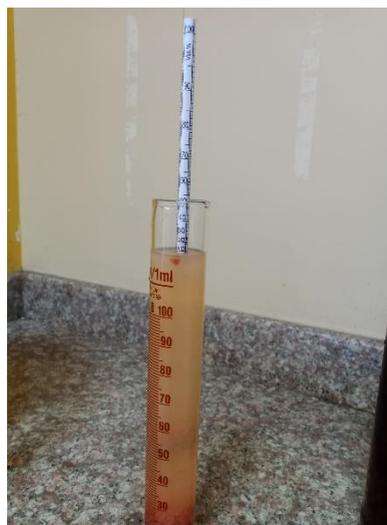
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b></p>			
<p>i) Determinación del pH del jugo de guayaba.                  j) Determinación de la densidad del jugo de guayaba.                  k) determinación de los grados brix del mosto.                  l) Rectificación de los grados brix.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input type="checkbox"/> Información                      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>                  ELABORADO POR:                  PAMELA QUISPE</p>	<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
			<p>3</p>	<p>1:1</p>	<p>2024/05/30</p>

## ANEXO G: PREPARACIÓN DEL LICOR DE GUAYABA

p)



q)



r)



### NOTAS:

- p) Filtración del mosto.  
 q) Medición de los grados alcohólicos del fermento.  
 r) Proceso de destilación del licor de guayaba.

### CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado                       Preliminar  
 Certificado                     Por aprobar  
 Información                     Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE  
 CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**  
 ELABORADO POR:  
 PAMELA QUISPE

LÁMINA	ESCALA	FECHA
5	1:1	2024/05/30



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 08 / 08 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Pamela Alexandra Quispe Acurio
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Química
 <b>Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza MSc.</b> <b>Directora del Trabajo de Integración Curricular</b>  <b>Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla</b> <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b>