



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL USANDO LA PAPA  
CECILIA (*Solanum Tuberosum*) COMO MATERIA PRIMA  
MEDIANTE VÍA SECA PARA LA OBTENCIÓN DE VODKA EN  
LA EMPRESA PRIMICIA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

**Trabajo de Integración Curricular:**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTOR: REYES MOYA KRISTY AMAHOLA**

**DIRECTORA: Ing. MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA**

Riobamba - Ecuador

2023

© 2023, **Kristy Amahola Reyes Moya**

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

Yo, Kristy Amahola Reyes Moya, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 28 de abril del 2023

A handwritten signature in blue ink that reads "Kristy Reyes". The signature is written in a cursive style with a large, stylized initial 'K'.

**Kristy Amahola Reyes Moya**  
**080370775-1**

**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 INDUSTRIAL USANDO LA PAPA CECILIA (*Solanum Tuberosum*) COMO MATERIA PRIMA MEDIANTE VÍA SECA PARA LA OBTENCIÓN DE VODKA EN LA EMPRESA PRIMICIA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, realizado por la señorita: **KRISTY AMAHOLA REYES MOYA**, 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.

	FIRMA	FECHA
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		23-04-28
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza <b>DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		23-04-28
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		23-04-28

## **DEDICATORIA**

El siguiente trabajo de integración curricular se lo dedico primeramente a Dios por permitirme seguir adelante en los momentos difíciles. A mis padres, especialmente a mi mamá Martha por apoyarme en todo momento y no rendirse, la amo mucho; a mi novio Andrés por acompañarme a terminar esta etapa y comenzar una nueva, te amo bonito. A mis hermanos: Denisse, Adrián y Valentina, a mi sobrino Domenick, a mis amigos: Guenny, Cristian, Arleth, Britany y Dámaris.

Kristy

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme sabiduría para no rendirme, a los ingenieros: Mayra Zambrano y Marco Chuiza por la ayuda brindada en todo momento para poder culminar este trabajo. A mi mamá por estar presente en cada situación y darme valor de seguir.

Kristy

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. Antecedentes de investigación.....	5
2.2. Referencias teóricas.....	6
2.2.1. <i>Papa Cecilia</i> .....	6
2.2.2. <i>Almidón</i> .....	8
2.2.2.1. <i>Hidrólisis del almidón</i> .....	8
2.2.3. <i>Levadura</i> .....	8
2.2.4. <i>Pruebas de análisis bebidas fermentadas</i> .....	9
2.2.4.1. <i>Grados brix</i> .....	10
2.2.4.2. <i>Densidad</i> .....	10
2.2.4.3. <i>Viscosidad</i> .....	11
2.2.4.4. <i>pH</i> .....	11
2.2.4.5. <i>Acidez</i> .....	11
2.2.5. <i>Vodka</i> .....	11
2.2.5.1. <i>Hidratos de etanol</i> .....	12
2.2.5.2. <i>Impurezas</i> .....	12
2.2.5.3. <i>Aditivos</i> .....	12
2.2.5.4. <i>Sabor</i> .....	12

2.2.5.5.	<i>Composición del vodka</i>	13
2.2.5.6.	<i>Técnicas para analizar el vodka</i>	13
2.2.5.7.	<i>Operaciones unitarias dentro del proceso de obtención de vodka</i>	13

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	15
3.1.	<b>Localización del proyecto</b>	15
3.2.	<b>Proceso de extracción del almidón de papa</b>	16
3.2.1.	<i>Descripción del procedimiento para la extracción de almidón de papa</i>	17
3.3.	<b>Caracterización del almidón</b>	21
3.3.1.	<i>Normativa NTE INEN 1456:1986</i>	21
3.3.2.	<i>Normativa INEN 1459</i>	23
3.4.	<b>Proceso de obtención del vodka a nivel de laboratorio</b>	24
3.4.1.	<i>Normativa NTE INEN 369</i>	34
3.5.	<b>Diseño de proceso de obtención de vodka a nivel industrial</b>	35
3.6.	<b>VARIABLES DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE VODKA</b>	36
3.7.	<b>Balance de masa</b>	36
3.7.1.	<i>Extracción de almidón</i>	36
3.7.1.1.	<i>Lavado</i>	36
3.7.1.2.	<i>Clasificado y pelado</i>	37
3.7.1.3.	<i>Sedimentación</i>	37
3.7.1.4.	<i>Secado</i>	38
3.7.1.5.	<i>Triturado</i>	38
3.7.2.	<i>Obtención de vodka</i>	39
3.7.2.1.	<i>Agitación y calentamiento del almidón</i>	39
3.7.2.2.	<i>Agitación y calentamiento de la malta</i>	40
3.7.2.3.	<i>Hidrólisis de la mezcla</i>	40
3.7.2.4.	<i>Filtrado de la mezcla</i>	41
3.7.2.5.	<i>Esterilización (eliminación del DMS)</i>	41
3.7.2.6.	<i>Enfriamiento de la mezcla</i>	42
3.7.2.7.	<i>Fermentación</i>	42
3.7.2.8.	<i>Filtrado del mosto</i>	43
3.7.2.9.	<i>Primera destilación</i>	43
3.7.2.10.	<i>Segunda destilación</i>	46
3.7.2.11.	<i>Tercera destilación</i>	48
3.8.	<b>Balance de energía</b>	50

<b>3.8.1.</b>	<b><i>Secado de almidón de papa Cecilia</i></b> .....	50
<b>3.8.1.1.</b>	<i>Cálculo del balance de energía general del almidón</i> .....	50
<b>3.8.1.2.</b>	<i>Cálculo del calor sensible para el almidón de la papa Cecilia</i> .....	50
<b>3.8.1.3.</b>	<i>Cálculo del calor suministrado a la papa Cecilia</i> .....	50
<b>3.8.1.4.</b>	<i>Cálculo de la capacidad calorífica del almidón de papa Cecilia</i> .....	51
<b>3.8.1.5.</b>	<i>Cálculo del calor ganado por el almidón de papa Cecilia</i> .....	51
<b>3.8.1.6.</b>	<i>Cálculo de la entalpía del almidón de papa Cecilia</i> .....	51
<b>3.8.1.7.</b>	<i>Cálculo del calor requerido para evaporar el agua del almidón</i> .....	52
<b>3.8.1.8.</b>	<i>Cálculo del calor total en el secado del almidón de papa Cecilia</i> .....	52
<b>3.8.2.</b>	<b><i>Destilación</i></b> .....	52
<b>3.8.2.1.</b>	<i>Flujo másico de la alimentación (mosto fermentado)</i> .....	53
<b>3.8.2.2.</b>	<i>Flujo másico del destilado</i> .....	53
<b>3.8.2.3.</b>	<i>Flujo másico del residuo</i> .....	53
<b>3.8.2.4.</b>	<i>Cálculo del calor absorbido en el condensador</i> .....	53
<b>3.8.2.5.</b>	<i>Balance de energía general</i> .....	53
<b>3.9.</b>	<b><i>Diseño de equipos</i></b> .....	54
<b>3.9.1.</b>	<b><i>Tanques con agitador</i></b> .....	54
<b>3.9.1.1.</b>	<i>Tanque con agitador industrial de marco y ancla para la mezcla almidón/agua</i> .....	54
<b>3.9.1.2.</b>	<i>Tanque con agitador industrial tipo paletas para la mezcla malta/agua</i> .....	58
<b>3.9.1.3.</b>	<i>Tanque con agitador industrial tipo paletas para la mezcla</i> .....	61
<b>3.9.2.</b>	<b><i>Filtro</i></b> .....	64
<b>3.9.3.</b>	<b><i>Marmita enchaquetada con agitador</i></b> .....	65
<b>3.9.4.</b>	<b><i>Equipo de destilación</i></b> .....	68
<b>3.9.4.1.</b>	<i>Columna de destilación</i> .....	68
<b>3.9.5.</b>	<b><i>Tanque de almacenamiento</i></b> .....	78
<b>3.10.</b>	<b><i>Análisis de costo-beneficio para la producción industrial de vodka</i></b> .....	79
<b>3.10.1.</b>	<b><i>Inversión fija</i></b> .....	79
<b>3.10.2.</b>	<b><i>Egresos</i></b> .....	80
<b>3.10.3.</b>	<b><i>Costos de inversión fija y egresos</i></b> .....	81
<b>3.10.4.</b>	<b><i>Ingresos anuales</i></b> .....	82
<b>3.10.4.1.</b>	<i>Costos de producción por unidad</i> .....	82
<b>3.10.4.2.</b>	<i>Precio de venta unitario al público</i> .....	82
<b>3.10.5.</b>	<b><i>Valor actual neto (VAN)</i></b> .....	82
<b>3.10.6.</b>	<b><i>Tasa de retorno interno (TIR)</i></b> .....	83
<b>3.10.7.</b>	<b><i>Periodo de recuperación (PDR)</i></b> .....	84

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	85
<b>4.1.</b>	<b>Extracción del almidón</b> .....	85
<b>4.1.1.</b>	<i>Rendimiento del almidón de papa</i> .....	85
<b>4.1.2.</b>	<i>Resultados de la caracterización del almidón de papa Cecilia</i> .....	85
<b>4.1.3.</b>	<i>Resultados de examen bacteriológico del almidón</i> .....	86
<b>4.2.</b>	<b>Balance de masa y energía</b> .....	86
<b>4.3.</b>	<b>Dimensiones de los equipos</b> .....	87
<b>4.4.</b>	<b>Resultado del análisis de costo-beneficio para la producción de vodka</b> .....	90
<b>4.5.</b>	<b>Obtención del vodka</b> .....	90
<b>4.5.1.</b>	<i>Resultados de las destilaciones</i> .....	90
<b>4.5.2.</b>	<i>Producto final</i> .....	90
<b>4.5.3.</b>	<i>Comparación de PVP del vodka obtenido con vodka comercial</i> .....	91
<b>4.5.4.</b>	<i>Resultados de la caracterización del vodka bajo la Normativa NTE INEN 369</i> .....	91

## **CAPÍTULO V**

<b>CONCLUSIONES</b> .....	93
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	94

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Características agronómicas y fisiológicas de INIAP-Cecilia .....	7
<b>Tabla 2-2:</b> Características de calidad de la variedad INIAP- Cecilia.....	7
<b>Tabla 1-3:</b> Método para determinar solubilidad .....	21
<b>Tabla 2-3:</b> Método para determinar pH.....	21
<b>Tabla 3-3:</b> Método para determinar sustancias reductoras .....	22
<b>Tabla 4-3:</b> Método para determinar residuo por calcinación.....	22
<b>Tabla 5-3:</b> Método para determinar sensibilidad .....	23
<b>Tabla 6-3:</b> Requisitos de almidón soluble .....	23
<b>Tabla 7-3:</b> Materiales y equipos del proceso de obtención de vodka.....	25
<b>Tabla 8-3:</b> Requisitos del vodka .....	34
<b>Tabla 9-3:</b> Variables de proceso en la obtención de vodka .....	36
<b>Tabla 10-3:</b> Datos para el balance de masa en la primera destilación.....	43
<b>Tabla 11-3:</b> Datos para el dimensionamiento de los equipos .....	54
<b>Tabla 12-3:</b> Especificaciones del filtro .....	64
<b>Tabla 13-3:</b> Especificaciones del equipo de destilación.....	68
<b>Tabla 14-3:</b> Datos adicionales para el diseño de la columna de destilación.....	68
<b>Tabla 15-3:</b> Condiciones de operación de la destilación.....	73
<b>Tabla 16-3:</b> Datos para la recta de enriquecimiento .....	74
<b>Tabla 17-3:</b> Datos para la recta de alimentación.....	74
<b>Tabla 18-3:</b> Datos para la recta de agotamiento .....	74
<b>Tabla 19-3:</b> Datos para la eficiencia del proceso .....	75
<b>Tabla 20-3:</b> Costos de inversión fija de la empresa .....	79
<b>Tabla 21-3:</b> Costos totales de inversión fija de la empresa .....	80
<b>Tabla 22-3:</b> Costos de egresos para la producción de vodka por lote .....	80
<b>Tabla 23-3:</b> Costos de servicios básicos.....	81
<b>Tabla 24-3:</b> Costos de mano de obra directa .....	81
<b>Tabla 25-3:</b> Total de egresos anual .....	81
<b>Tabla 26-3:</b> Total de la inversión fija y egresos .....	82
<b>Tabla 27-3:</b> Ingresos anuales .....	82
<b>Tabla 28-3:</b> Datos para el cálculo del valor actual neto .....	83
<b>Tabla 29-3:</b> Cálculo del periodo de recuperación.....	84
<b>Tabla 1-4:</b> Resultados del rendimiento del almidón de la papa Cecilia .....	85
<b>Tabla 2-4:</b> Resultados del análisis organoléptico del almidón .....	85
<b>Tabla 3-4:</b> Resultados de la caracterización del almidón bajo la normativa NTE INEN 1459 85	

<b>Tabla 4-4:</b>	Resultados del examen bacteriológico del almidón de papa Cecilia.....	86
<b>Tabla 5-4:</b>	Resultados del balance de masa de la extracción de almidón de papa Cecilia .....	86
<b>Tabla 6-4:</b>	Resultados del balance de masa del mosto fermentado.....	86
<b>Tabla 7-4:</b>	Resultados del balance de energía del secado de almidón de papa Cecilia .....	87
<b>Tabla 8-4:</b>	Resultados del balance de energía de la destilación.....	87
<b>Tabla 9-4:</b>	Resultados de las dimensiones de los equipos .....	87
<b>Tabla 10-4:</b>	Resultados de las destilaciones con sus rendimientos .....	90
<b>Tabla 11-4:</b>	Cantidad de producto obtenido .....	91
<b>Tabla 12-4:</b>	Comparación del precio del vodka obtenido con algunos vodkas comercial .....	91
<b>Tabla 13-4:</b>	Comparación del análisis obtenido del vodka con la normativa NTE INEN 369...	91

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b> Papa Cecilia .....	7
<b>Ilustración 2-2:</b> Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> SafAle S-04 .....	9
<b>Ilustración 3-2:</b> Levadura Classic 8 .....	9
<b>Ilustración 1-3:</b> Ubicación geográfica de la Empresa Primicia .....	15
<b>Ilustración 2-3:</b> Diagrama de flujo de extracción de almidón por vía húmeda .....	16
<b>Ilustración 3-3:</b> Pesado .....	17
<b>Ilustración 4-3:</b> Cortado .....	17
<b>Ilustración 5-3:</b> Desinfección .....	18
<b>Ilustración 6-3:</b> Relación .....	18
<b>Ilustración 7-3:</b> Triturado.....	18
<b>Ilustración 8-3:</b> Filtrado .....	19
<b>Ilustración 9-3:</b> Sedimentación .....	19
<b>Ilustración 10-3:</b> Almidón humedo .....	20
<b>Ilustración 11-3:</b> Almidón seco.....	20
<b>Ilustración 12-3:</b> Molienda del almidón .....	20
<b>Ilustración 13-3:</b> Almidón almacenado .....	21
<b>Ilustración 14-3:</b> Diagrama de flujo del proceso de obtención de vodka .....	24
<b>Ilustración 15-3:</b> Pesado del almidón .....	25
<b>Ilustración 16-3:</b> Calentamiento .....	26
<b>Ilustración 17-3:</b> Pesado de la malta.....	26
<b>Ilustración 18-3:</b> Calentamiento .....	27
<b>Ilustración 19-3:</b> Ajuste de pH .....	27
<b>Ilustración 20-3:</b> Ajuste de pH .....	28
<b>Ilustración 21-3:</b> Gelatinización del almidón.....	28
<b>Ilustración 22-3:</b> Hidrólisis .....	29
<b>Ilustración 23-3:</b> Prueba de almidón .....	29
<b>Ilustración 24-3:</b> Filtrado .....	30
<b>Ilustración 25-3:</b> Eliminación del DMS.....	30
<b>Ilustración 26-3:</b> Inoculación de la levadura.....	31
<b>Ilustración 27-3:</b> Enfriamiento del mosto .....	31
<b>Ilustración 28-3:</b> Levadura agregada al mosto .....	32
<b>Ilustración 29-3:</b> Fermentación del mosto .....	32
<b>Ilustración 30-3:</b> Mosto fermentado.....	33
<b>Ilustración 31-3:</b> Mosto filtrado.....	33

<b>Ilustración 32-3:</b> Destilación del mosto.....	34
<b>Ilustración 33-3:</b> Diseño de proceso de obtención de vodka a nivel industrial.....	36
<b>Ilustración 34-3:</b> Determinación de K.....	76

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

**ANEXO B:** VODKA

**ANEXO C:** DISEÑO DE LOS TANQUES

**ANEXO D:** DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA

**ANEXO E:** ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL ALMIDÓN

**ANEXO F:** PROPIEDADES DE LÍQUIDOS, SÓLIDOS Y ALIMENTOS COMUNES

**ANEXO G:** ANÁLISIS DEL VODKA

## RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo fue el diseño de un proceso industrial para la obtención de vodka en la Empresa Primicia, se comenzó obteniendo el almidón y realizarle su caracterización bajo la normativa NTE INEN 1456:1986. En base a bibliografía se definieron las variables de diseño necesarias para proceder a la obtención del producto. Una vez obtenido el vodka se realizó los análisis del producto en base a la normativa INEN 369 con una muestra de 250 ml de vodka en el laboratorio Multianalítica S.A, obteniendo los siguientes resultados: 40 ° GL, 0,20 mg/100 cm<sup>3</sup> de metanol, <0,01 de furfural mg/100 cm<sup>3</sup> y 0,7 mg/100 cm<sup>3</sup> de alcoholes superiores. Se diseñaron los equipos necesarios en base a lo requerido por la empresa para una producción de 2 lotes de 180 litros estos son: tanque con agitador de paletas para la mezcla malta/agua con una capacidad de 0,11385 m<sup>3</sup>, tanque para la mezcla almidón/agua con una capacidad de 0,11385 m<sup>3</sup> y el segundo para la hidrólisis de la mezcla con una capacidad de 0,2277 m<sup>3</sup>; dos filtro para la mezcla después de la hidrólisis y de la fermentación, marmita enchaquetada con agitador con una capacidad de 0,2277 m<sup>3</sup>; tanque de almacenamiento con una capacidad de 0,2415 m<sup>3</sup>; el equipo de destilación con: concentración de alcohol máximos 96% y como componentes tiene la torre de destilación, olla y condensador. Se realizó la validación económica con un costo de producción (\$5,99), PVP (\$6,88), inversión fija 50.505,00, ingresos anuales (\$128.898,332), VAN (25.301,97), TIR (96%) y un periodo de recuperación de 11 meses. Por lo tanto, la implementación de esta línea de producción es viable. Se recomienda a la Empresa la adquisición de un equipo de destilación con mayor capacidad de producción y un rendimiento mínimo de 70%.

**Palabras clave:** <VODKA >, <PAPA CECILIA >, <ALMIDÓN >, <DESTILACIÓN >, <FERMENTACIÓN >, <PROCESO INDUSTRIAL >, <RENDIMIENTO >, <RIOBAMBA (CANTÓN) >.

1050-DBRA-UPT-2023

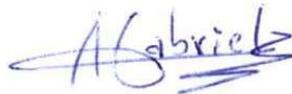


## ABSTRACT

The main objective of this work was the design of an industrial process for the production of vodka, starting by obtaining the starch and characterizing it under the NTE INEN 1456:1986 standard. Based on bibliography, the necessary design variables were defined to proceed to obtain the product. Once the vodka was obtained, the product was analyzed according to INEN 369 standards with a sample of 250 ml of vodka at the Multianalítica S.A. laboratory, obtaining the following results: 40 ° GL, 0.20 mg/100 cm<sup>3</sup> of methanol, <0.01 mg/100 cm<sup>3</sup> of furfural and 0.7 mg/100 cm<sup>3</sup> of higher alcohols. The necessary equipment was designed based on the requirements of the company for a production of 2 batches of 180 liters, these are: a tank with paddle agitator for the malt/water mixture with a capacity of 0.11385 m<sup>3</sup>, a tank for the starch/water mixture with a capacity of 0.11385 m<sup>3</sup> and a second one for the hydrolysis of the mixture with a capacity of 0.2277 m<sup>3</sup>; two filters for the mixture after hydrolysis and fermentation, jacketed kettle with agitator with a capacity of 0.2277 m<sup>3</sup>; a storage tank with a capacity of 0.2415 m<sup>3</sup>; distillation equipment with 96% maximum alcohol concentration and as components it has the distillation tower, pot and condenser. The economic validation was carried out with a production cost (\$5.99), PVP (\$6.88), fixed investment 50,505.00, annual income (\$128,898.332), NPV (25,301.97), IRR (96%) and a payback period of 11 months. Therefore, the implementation of this production line is feasible. The Company is recommended the acquisition of a distillation equipment with a higher production capacity and a minimum yield of 70%.

**Keywords:** < ><VODKA >, <CECILIA POTATOE >, <STARCH >, <DISTILLATION >, <FERMENTATION >, <INDUSTRIAL PROCESS >, <YIELD >, <RIOBAMBA (CANTON) >.

1050-DBRA-UPT-2023



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

Ced: 1103696132

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo de integración curricular está encaminado a la elaboración de un diseño de proceso industrial para la producción de vodka a partir de papa Cecilia no sin antes haber realizado una previa revisión de una tesis donde se realizaba la evaluación de la papa Cecilia como materia prima para saber si se podía extraer el almidón y posteriormente usarlo para elaborar vodka.

El vodka es una bebida alcohólica popular en nuestro país, se destaca por ser incoloro y tener un grado alcohólico mínimo de 37, 7° GL, no sin antes esta bebida suele ser exportada haciendo que su costo sea un poco elevado.

La papa es un tubérculo que existe en abundancia en la sierra ecuatoriana de manera que aprovecharla sería una opción factible para que la empresa Primicia ubicada en Riobamba la cual por el momento se dedica a producir y distribuir vino pero que en un futuro próximo añada una nueva línea de producción de vodka. El vodka tendrá un valor agregado que haga que sobresalga de los demás.

Mediante revisión bibliográfica y con ayuda de la tesis donde sea hace la evaluación de la materia prima se podrá elaborar el vodka puesto que ya hay la formulación para su elaboración. Por ende, el presente trabajo ayudará a que la Empresa Primicia la cual actualmente se encarga de la producción de vino pueda implementar esta línea de producción de vodka.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Planteamiento del problema

En Ecuador existen al menos 350 variedades de papa es un producto que otorga algunas propiedades a las personas que lo consumen. Una de las ciudades donde podemos encontrar algunas variedades es la ciudad de Riobamba la cual se caracteriza por la dedicación a la ganadería y agricultura por ende el aprovechamiento de este alimento ayudaría a que se genere empleo de igual manera se entregaría un producto de calidad hecho a base del almidón de papa.

Según (Benavides y Pozo, 2008, p.1) el vodka es una bebida alcohólica consumida de manera frecuente. Se puede destilar de cualquier planta que sea rica en almidón como el centeno, melaza, trigo y hasta patata; pero la adquisición de este producto tiene un costo un poco elevado porque debe pasar por intermediarios para que se pueda distribuir en la ciudad ya que la producción de esta bebida es muy escasa en la ciudad de Riobamba.

En el año 2005 se realizó un sondeo de mercados en la ciudad de Ambato para conocer la preferencia al momento de adquirir alguna variedad de papa teniendo como resultado: INIAP-Cecilia con 46%, debido al sabor y la calidad culinaria que posee, la papa superchola con 25%, INIAP-Esperanza con un 10% y otras variedades con menor porcentaje. Entre el año 2010 y 2011, InnovAndes del Centro Internacional de la Papa realizó un estudio para conocer los precios de las variedades de papas, éste estudio fue realizado en la Condamine de Riobamba teniendo como resulta que la papa Cecilia es la que alcanza un mayor precio de venta. Las provincias de: Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua son las zonas donde podemos encontrar esta variedad (Albornoz et al. 2011).

En una entrevista realizada por el periódico del campo “El productor” se conoció que existe épocas donde hay sobreproducción de este tubérculo, en estas épocas su precio disminuye lo que hace que el agricultor no logre recuperar su inversión ocasionándole pérdidas al menos que se dé una planificación por parte de alguna institución que se encargue de regular lo que el área de la producción y comercialización.

La empresa Primicia ya cuenta con una línea de producción de vino, pero se ha visto en la necesidad de implementar una línea de producción de vodka debido a la escasez de producción de este tipo de bebida de manera que su adquisición tendrá un costo menor al que hay hoy en día además de abrir fuentes de empleo.

## **1.2 Justificación**

En Ecuador alrededor del 3,70% de la población consume este tipo de bebida alcohólica, uno del vodka más consumido es el Ruskaya el cual está elaborado a base de cereales además de que se puede adquirir fácilmente debido a su precio (Benavides y Pozo, 2008).

En el campo agroindustrial se ha considerado tener como alternativa a la papa para obtener una bebida alcohólica destilada conocida como vodka lo que ocasionaría una ayuda al agricultor permitiéndole cubrir la inversión que tiene en su cultivo. No obstante, debemos saber que existe una inestabilidad en los cultivos esto se debe a factores climáticos (lluvias, sequías) los cuales generan un desequilibrio en la oferta y la demanda, pero así mismo en periodos donde hay sobreproducción la oferta supera a la demanda (Benavides y Pozo, 2008).

De las 350 variedades de papas nativas que hay, existen variedades mejoradas de las cuales 20 podemos encontrar en el Ecuador una de ellas es la papa Cecilia, este tipo de papa tiene una maduración entre 170 a 190 días, además de eso contiene 68,14% de almidón, 8,85 % de proteína, 2,79 % fibra, etc (Albornoz et al. 2011).

Luego de revisar la tesis “Evaluación de la papa Cecilia como materia prima para la obtención de vodka en la empresa primicia de la ciudad de Riobamba” se pudo observar que el mejor tratamiento para obtener vodka a partir del almidón de papa fue el segundo tratamiento debido a que este cumple con los parámetros establecidos en la norma INEN 369 los cuales fueron 40° de grado alcohólico, 2,7 mg/cm<sup>3</sup> de congéneres y una acidez total de 0,6 mg /100 cm<sup>3</sup> (Erazo,2022).

Lo que pretende la empresa Primicia es adquirir el almidón de papa Cecilia, esto quiere decir que se realizara por vía seca de manera que se optimice el tiempo y luego de esto realizar unas pruebas para obtener el vodka para finalmente hacerlo de manera macro para que no exista pérdidas y tener un producto con un valor agregado para que las personas que los consuma puedan degustar un sabor diferente.

## **1.3. Objetivos**

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

Diseñar un proceso industrial usando la papa Cecilia como materia prima mediante vía seca para la obtención de vodka en la empresa Primicia de la ciudad de Riobamba.

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

- Obtener el almidón de papa Cecilia.
- Realizar la caracterización fisicoquímica del almidón bajo la normativa NTE INEN 1456:1986.
- Definir las variables de diseño del proceso de obtención de vodka en base a una tesis previamente hecha.
- Diseñar el proceso productivo para la obtención de vodka.
- Realizar la validación técnica y económica del vodka mediante la normativa NTE INEN 369.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

En la tesis realizada anteriormente por Erazo (2022, pp.96-108) se hizo una evaluación de la papa Cecilia como materia prima para obtener vodka, en dicha investigación se hizo la extracción del almidón la cual tuvo un rendimiento de 16,67% de igual manera hubo 3 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, destacándose el tratamiento 2 el cual obtuvo un grado alcohólico de 40° GL, congéneres de 2,7 mg/cm<sup>3</sup>, acidez total de 0,6 mg/100cm<sup>3</sup> cumpliendo con lo establecido en la NTA INEN 369.

En una investigación realizada por Ordóñez (2022, pp.29-42) donde se hace el desarrollo de una bebida alcohólica (vodka) a partir de *oxalis tuberosa* (oca) y *colacasia esculenta* (papa china) se usó 105,15 kg de papa china y se extrajo 19,39 kg (18,44%) de almidón y de la oca se usó 114,15 kg obteniendo 27,81 kg (24,36%) de almidón. Se llegó a la conclusión de que el rendimiento de la bebida fue menor a lo que se separaba, aunque a pesar de ello el vodka obtenido presentaba características organolépticas mejores, pero al analizar los costos se determinó que no es rentable elaborar esta bebida.

La investigación que realizó Chamorro (2021, pp.32-42) hace una evaluación para la producción de vodka a partir de la papa usando como fruta adicional la *passiflora edulis* (MARACUYÁ), como materias primas se usó: 7 kg de malta pilsen, 1 kg de malta pale ale y 12 g de levadura SafAle S-04. Una vez obtenida la materia prima se procedió a la molienda de las maltas por medio de un molino de rodillos para granos obteniendo un tamaño de 1,2 mm. Luego se procede a la etapa de maceración donde agregó 25 litros de agua en una olla y fue puesta a fuego hasta alcanzar los 60°C se coloca la malta por medio de una malla que va a tener como función hacer de filtro y que el mosto tenga poco sedimento. La maceración tendrá una duración de 70 minutos y llegará a 75 °C. Se hace una recuperación de azúcares haciendo dos lavados. Acabada la etapa anterior se procede a la fermentación, colocamos los 25 litros del mosto en el fermentador que tiene una capacidad de 30 litros, se colocó la levadura SafAle S-04 donde el mosto tendrá una fermentación entre 10 a 14 días y una temperatura entre 20°C-19°C. Acabada la etapa de fermentación continua la destilación, una vez iniciada la destilación a una temperatura de 78°C se descarta la cabeza y la cola que vienen a ser los 900 ml, si el destilado es mayo a 50% se agrega agua destilada para bajar su porcentaje a 45%. La etapa en donde se agregó maracuyá fue en la etapa de maceración

en la malla junto con la malta, no sin antes hacerle su debida pasteurización a la fruta. Finalmente se realiza el embotellado en botellas de 750 ml.

Otra investigación realizada por Guerrero y Yépez (2018: p.40) donde se hace la elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de *arracacia xanthorrhiza* (zanahoria blanca) y *Manihot esculenta* (yuca) se obtuvo una bebida con grado alcohólico de 39 %, en el análisis de varianza que se hizo determinó que el tratamiento con grados Brix elevados fue el que contenía 50 % de zanahoria blanca y 50% de yuca y un tiempo de 40 minutos de cocción.

En el diseño de una planta productora de vodka donde usan la papa como materia prima (Alcívar, 2017, pp-25-72). Se tuvo como resultados:

- Un tanque de mezcla con una capacidad de 50 L/carga, altura de 0,55 m y un diámetro de 0,366 metros. Dentro se encontraba un agitador tipo Rushton.
- Un fermentador con agitador tipo Rushton con 6 paletas, una potencia de 0,12 hp y una capacidad de 50 L/carga. También cuenta con sistema de cerrado el cual impida que no entre ningún agente no deseado.
- Un filtro FL-26 para que los residuos de la etapa de fermentación se queden ahí y no exista problemas en la destilación.
- En el condensador tiene las especificaciones de: 36 mm de diámetro, 30 m/s de velocidad, una altura de 361 mm y régimen turbulento. En el evaporador: 21 mm de diámetro, 30 m/s de velocidad, 109402 KJ/h de calor entregado y régimen de transición.
- Las tuberías hechas con acero inoxidable AISI 304 o 316.
- El calentador tiene una función como adicional de la destilación en el efecto flash de manera que maneja la presión y la temperatura en este caso 5 bar y 130°C.

## **2.2.Referencias teóricas**

### **2.2.1. Papa Cecilia**

En la ficha técnica de Albornoz et al. (2011, pp-1-5) la papa Cecilia proviene del cruzamiento entre dos variedades de papa: la andina Jabonilla (*S. andigena*) y la alemana Vertifolia (*S. Tuberosum*). Debe ser cosecha cuando la planta cambie del color verde intenso al color amarillento-café.



**Ilustración 1-2:** Papa Cecilia

**Fuente:** (Albornoz et al. 2011: p.3)

**Tabla 1-2:** Características agronómicas y fisiológicas de INIAP-Cecilia

CARACTERÍSTICAS	
Maduración	170 a 190 días
Altura de la planta	0,70 a 1,20 m
Dormancia	60 a 70 días
Verdeamiento	15 a 25 días
Habito de crecimiento	Erecta
Tipo de brotación	Múltiple

**Fuente:** Albornoz et al. 2011, pp-1-5

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

**Tabla 2-2:** Características de calidad de la variedad INIAP- Cecilia

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
Azúcares reductores	mg/100g	152,2
Almidón	%	68,14
Proteína	%	8,85
Fibra	%	2,79
Polifenoles	mg/100g	70,54
Carotenos	µg/g	0,59
Hierro	Ppm	73
Zinc	Ppm	12
Calcio	%	0,05
Fósforo	%	0,39
Color de papa cocida	-	Blanco-crema

**Fuente:** Albornoz et al. 2011, pp-1-5

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

### 2.2.2. Almidón

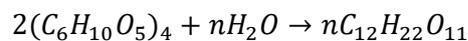
El almidón “es un hidrato de carbono complejo  $(C_6H_{10}O_5)_n$  inodoro e insípido, en forma de grano o polvo. El almidón es el principal carbohidrato de reserva en la mayoría de las plantas” (Owen, 1982; citados en Benavides y Pozo, 2008).

#### 2.2.2.1. Hidrólisis del almidón

Es el paso que se da para obtener los azúcares utilizados en la fermentación. La hidrólisis del almidón puede realizarse por vía ácida o enzimática. La vía enzimática consiste en romper las moléculas que tiene el almidón hasta obtener la glucosa utilizando las enzimas alfa-amilasa y una amiloglucosidasa. Hay dos etapas: la licuefacción que consiste en hidrolizar parcialmente el almidón a dextrinas en un tiempo de 2 horas usando la enzima  $\alpha$ -amilasa en cambio para la sacarificación se usa la amiloglucosidasa las cuales inician la hidrólisis de las dextrinas hasta liberar glucosa en un tiempo de 12 horas a 48 horas a una temperatura entre  $60^\circ\text{C}$ - $75^\circ\text{C}$ . Cuando ya se obtuvieron los azúcares, estos se convierten en etanol por medio de la fermentación anaerobia no sin antes agregar la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), es necesario controlar algunos aspectos como: temperatura, pH, efecto del oxígeno y el etanol (Miranda y Molina 2015, p.2).

Es importante saber que para que se lleve a cabo el ataque enzimático las  $\alpha$ -amilasa van a requerir que el almidón este gelatinizado es decir que haya paso por un proceso térmico con el agua. Y su pH debe mantenerse entre 6 y 7 (Alcívar, 2017, p.5).

Reacción de hidrólisis (Reyna et al. 2004):



### 2.2.3. Levadura

Es una variedad de organismos unicelulares eucariotas, dentro de ellas algunas especies patógenas las cuales son inofensivas para el consumo humano. Han sido utilizadas desde tiempos antiguos para elaborar cervezas, vino y pan. Se conoce algunas variedades de cepas según la labor que sea destinada como: destilería, panificación, uso de animales y otros. El uso de la levadura es vital para la producción de bebidas alcohólicas debido a que gracias a ella se lleva a cabo la fermentación es decir transforma el azúcar fermentable en etanol y dióxido de carbono (Chamorro, 2021, p.20). Podemos encontrar algunas levaduras que ayudan a que se realice el proceso de fermentación como las siguientes:

- *Saccharomyces cerevisiae*

Este tipo de levadura se consigue en diferentes presentaciones dependiendo de la cantidad que se necesita para la producción. Además de ser una levadura que obtiene energía a partir de la glucosa se caracteriza por tener alta capacidad de fermentación, su rango de temperatura esta entre 18° C –24°C (Chamorro, 2021, p.21).



**Ilustración 2-2:** Levadura *Saccharomyces cerevisiae*

Fuente: Chamorro, 2021, p.21

- Levadura Classic 8 Turbo Yeast

Este tipo de levadura es la que usará para la realización del vodka. La levadura classic 8 turbo alcanza el 18% ABV (Alcohol By Volume), es una de las levaduras más vendidas debido a su rendimiento y una fermentación de 2 a 5 días. En casa de querer mejorar el rendimiento aún más se recomienda usarla con la Turbo Clear y turbo Carbon (Erazo, 2022).



**Ilustración 3-2:** Levadura Classic 8

Fuente: (Erazo,2022)

#### 2.2.4. Pruebas de análisis bebidas fermentadas

La fermentación es una etapa importante y se da gracias a la levadura ya que ésta se encarga de transformar los azúcares en alcohol etílico y dióxido de carbono. Durante la fermentación también se obtiene subproductos como los alcoholes fusel (mezcla de alcoholes superiores, aldehídos,

ácidos orgánicos, esteroides) los cuales son los encargados de ocasionar lo que se conoce como resaca. Es preferible realizar el proceso de fermentación en fermentadores, debidamente limpios y sanitizados (Chamorro, 2021, p.29).

#### *2.2.4.1. Grados brix*

Los tecnólogos de alimentos utilizan los grados brix para medir la cantidad de azúcar disuelta en el agua. Adolph Brix se basó en que los sólidos disueltos en el agua hacen que la luz se refracte y al existir una mayor refracción quiere decir que esta es causada por las altas concentraciones de sólidos disueltos. La refracción es medida por un refractómetro la mayoría de estos instrumentos están calibrados para poder leer los grados Brix (Vincent Corp, 2007).

En el campo también se utiliza este instrumento para evaluar el progreso de la maduración de la fruta, pero puede aumentar el riesgo de errores del muestreo si el volumen de la muestra es pequeño al menos que se adopte un procedimiento de muestreo completo (Considine y Frankish, 2014).

Otra forma de medir los grados Brix es utilizando el hidrómetro, este instrumento es comúnmente utilizado antes y después de la fermentación tanto en la elaboración de cerveza como en la vinificación. El hidrómetro calcula el nivel de azúcar del líquido midiendo su densidad relativa.

El instrumento utiliza un tubo de vidrio flotante con peso que es colocado dentro de un tubo de ensayo calibrado que ya contiene la muestra. Tanto el refractómetro como el hidrómetro deben tener ajustes en los cálculos dependiendo de la temperatura que tiene la muestra (Mckirdy y Grinberg, 2018).

Medir el potencial alcohólico del mosto de uva ayuda a los enólogos a determinar si se necesita agregar azúcar y así poder alcanzar el nivel de alcohol mínimo que está definido por las leyes de la región. Los cerveceros toman estas lecturas para conocer: la eficiencia del macerado, el progreso de la fermentación y cuando esta terminara (Mckirdy y Grinberg, 2018).

#### *2.2.4.2. Densidad*

La densidad nos ayuda a monitorear el aspecto que va teniendo la fermentación esto se conoce como atenuación (Técnicas de análisis, 2015). La atenuación implica la eliminación de los azúcares y la producción de alcohol por la agregación de la levadura durante la fermentación, el mosto se va volviendo menos denso y viscoso. El uso del hidrómetro o sacarómetro para poder medir la atenuación durante la caída en la gravedad específica del mosto a fermentar fue introducido en la

elaboración de cerveza en Inglaterra en el siglo XVIII. El grado de atenuación es calculado como la diferencia entre la gravedad inicial del mosto antes de ser fermentado y la gravedad del mosto ya fermentado, expresada como el porcentaje de la gravedad inicial (Ray, 2004).

#### *2.2.4.3. Viscosidad*

La viscosidad es causada debido a la existencia de pentosanos y  $\beta$ -glucanos. Es importante controlar la viscosidad debido a que una alta viscosidad va a causar problemas durante la filtración y el almacenamiento de las bebidas (Técnicas de análisis, 2015).

#### *2.2.4.4. pH*

El control del pH es un factor esencial ya que este ayuda a: acortar la curva de maceración, rápida filtración, mayor rendimiento, fermentación rápida (Técnicas de análisis, 2015). Ajustar el pH entre 4 y 4,5 durante el proceso de fermentación favorecerá a las levaduras y además de ser lo suficientemente bajo para que no se desarrolle muchas bacterias (Alcívar, 2017, p.8).

#### *2.2.4.5. Acidez*

La acidez se determina por la cantidad de ácidos orgánicos presentes en la muestra, estos provienen de la actividad que ha tenido la levadura. Es un indicador de la fermentación es decir que cuando la fermentación esta más vigorosa se va a liberar más ácido. Para algunas bebidas la acidez debe estar alrededor de 0,3% debido a que un exceso afectaría el sabor o la estabilidad de la espuma (Técnicas de análisis, 2015).

#### **2.2.5. *Vodka***

Es una bebida muy popular en Polonia, Rusia y algunos países de Europa del este, su nombre proviene de la palabra rusa “voda” que significa agua o como dicen los polacos “woda”. Esta bebida alcohólica elaborada a partir de alcohol etílico de origen agrícola producido mediante la fermentación de cereales, patatas o productos agrícolas. Una vez obtenida esta fermentación la cual contiene etanol se procede a destilar para luego realizar una rectificación de manera que se reduzca la intensidad del sabor y el olor de las materias primas y los subproductos de la fermentación (Wiśniewska et al. 2015).

#### *2.2.5.1. Hidratos de etanol*

Las moléculas de etanol y agua que existen en el vodka pueden agruparse, al hacerlo se conoce como hidratos. El hidrato más común tiene la forma de jaula y a su alrededor 5 moléculas de agua cada una con su molécula de etanol. Este hidrato varía su concentración en los diferentes vodkas y puede afectar la percepción de su sabor cuando es percibido por un catador (The Chemistry of Vodka, 2016).

#### *2.2.5.2. Impurezas*

La mayoría de las impurezas del vodka se pueden eliminar por la destilación y filtración, pero pueden existir miligramos de algunos componentes. Las marcas de vodka más baratas tienden a hacer las que contienen una mayor cantidad de impurezas lo cual podría afectar la percepción del sabor (The Chemistry of Vodka, 2016).

#### *2.2.5.3. Aditivos*

El vodka es una bebida que puede ser más que solo etanol y agua. Algunos aditivos permitidos son: el ácido cítrico (hasta un 0,1% por volumen), glicerol y azúcar (máximo 0,2% por volumen). Estos son aditivos que no son necesarios revelarlos en la etiqueta.

Hay vodkas aromatizados que son producidos utilizando aditivos. Un claro ejemplo es el vodka Zubrowka, que es aromatizado con hierba de bisonte. Esta hierba le da una coloración amarillenta a la vodka. Debido a que la cumarina tiene una toxicidad hepática menor en grandes cantidades el Zubrowka fue prohibida en los EE. UU (The Chemistry of Vodka, 2016).

#### *2.2.5.4. Sabor*

El vodka posee un sabor suave, este se logra mediante un filtrado múltiple del alcohol con ayuda del carbón activado, seguido de una dilución con agua la cual va a ser destilada, desmineralizada o tratada ya sea con ablandadores de agua u otro producto. Además de los vodkas puros, existen vodkas que son aromatizados, estos se caracterizan por tener un sabor que predomina y además es diferente al sabor de las materias primas que se utilizan en la producción. Este vodka aromatizado puede ser endulzado, mezclado, aromatizado, madurado o coloreado artificialmente (Wiśniewska et al. 2015).

#### 2.2.5.5. *Composición del vodka*

Actualmente se puede encontrar en el mercado vodkas puros y aromatizados que están elaborados a partir de una o más materias primas lo cual influye en el producto final. Debido a la demanda de este producto es necesario determinar con precisión la composición que tiene. La mayoría de los estudios son realizados mediante cromatografía de gases, este análisis nos permite identificar un gran número de analitos. De igual manera el sistema GC-FID para poder determinar el contenido de metanol en el vodka, los resultados que se obtiene difieren según el tipo de vodka y están entre 17 y 376 mg/l. Para vodkas puros la concentración admisible de metanol es de 100 mg/l mientras que para vodkas de sabores es de 2g/l (Wiśniewska et al. 2015).

#### 2.2.5.6. *Técnicas para analizar el vodka*

La composición del vodka se analiza principalmente por cromatografía de gases, pero existen estudios en los que se ha podido aplicar espectrofotometría, absorción atómica y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). estas técnicas son utilizadas para poder determinar compuestos específicos que no se pueden determinar o que son difíciles de determinar por GC (Wiśniewska et al. 2015).

#### 2.2.5.7. *Operaciones unitarias dentro del proceso de obtención de vodka*

##### - Filtración

Es una operación utilizada para separar partículas sólidas que se encuentra en suspensión en una mezcla líquida o gaseosa (Kunze,1999; citado en Flores 2014, p.15). Consiste en pasar la mezcla por un material poroso para que las partículas sólidas queden atrapadas en este material mientras que el líquido lo atraviese y se recolectado en un recipiente (McCabe et al., 2007; citado en .Flores, 2014, p.15).

##### - Destilación

Es el proceso de separar los componentes que se encuentran en una mezcla en función de los diferentes puntos de ebullición. Sus usos incluyen: purificación de alcohol, desalinización, refinación de petróleo y producción de gases licuados a partir del aire. Para poder separar una mezcla de líquido, este se debe calentar de manera que pase a la fase gaseosa luego el gas se condense en forma líquida y sea recolectado. Esto puede ser repetido para mejorar la pureza del producto se conoce como doble destilación (Helmenstine, 2020). Algunas destilaciones de las usadas son:

- Destilación simple

Este tipo de destilación se usa cuando los puntos de ebullición son significativamente diferentes o cuando se requiere separar líquidos de sólidos o componentes no volátiles. En este proceso la

mezcla se calienta de manera que el componente más volátil cambie de líquido a vapor y luego este vapor pasa a un condensador donde se va a enfriar y que se logre recolectar en forma líquida (Helmenstine, 2020).

- Destilación fraccionada

Esta destilación se usa cuando los puntos de ebullición de la mezcla son próximos entre sí. Se utiliza una columna de fraccionamiento la cual separa los componentes en una serie de destilaciones conocida como rectificación. La mezcla se calienta haciendo que el vapor entre a la columna y a medida que este se enfría será condensado en el material de relleno para la columna.

El calor del vapor que está subiendo hará que el líquido se vaporice nuevamente y se mueva dentro de la columna y finalmente obtener una muestra de mayor pureza del componente más volátil (Helmenstine, 2020).

- Destilación al vacío

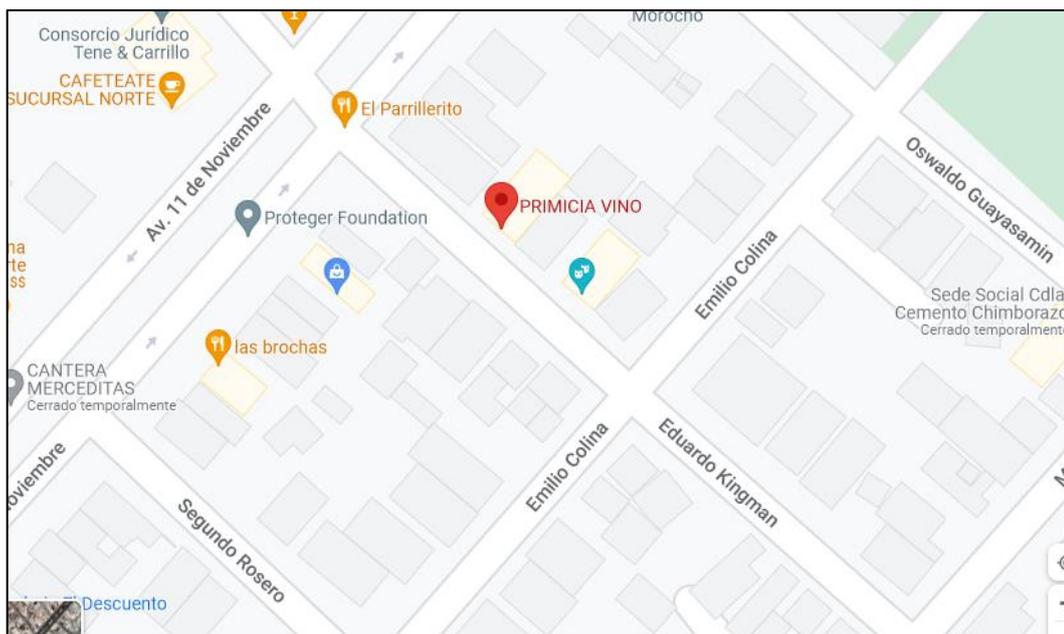
Se usa cuando la mezcla tiene puntos de ebullición altos. Al reducir la presión se reducirá los puntos de ebullición (Helmenstine, 2020). Esto quiere decir que se basa en cambiar la presión de manera que la destilación sea más fácil. Por lo general la destilación atmosférica tradicional se realiza entre 170 °F-200°F. Con la destilación al vacío cambia el rango de temperatura y la presión atmosférica se reduce un 6% (42mmHg si comparamos con 760mm Hg), en la parte superior de la columna se necesitará 68°F y la parte inferior 95°F (VACUUM DISTILLATION SIMPLIFIED, 2022).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Localización del proyecto

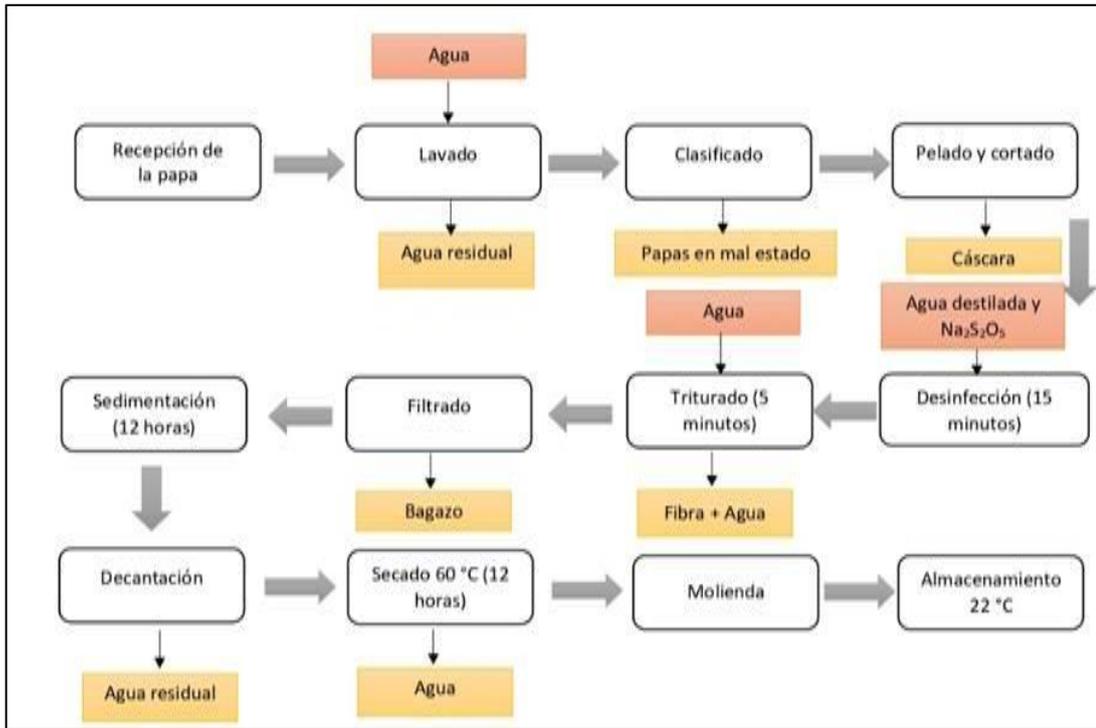
El presente trabajo de integración curricular será ubicado en la Empresa Primicia, ubicada en la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo en la Calle Eduardo Kingman entre Emilio Colina y la Av. 11 de noviembre.



**Ilustración 4-3:**Ubicación geográfica de la Empresa Primicia

**Fuente:** Google maps

### 3.2. Proceso de extracción del almidón de papa



**Ilustración 5-3:** Diagrama de flujo de extracción de almidón por vía húmeda

Fuente: Parra, 2019

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

**Tabla 1-3:** Materiales, equipos y reactivos para la extracción de almidón

MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS
- Licuadora industrial	- Agua de botellón
- Cuchillos	- Papa Cecilia
- Balanza	- Metabisulfito de sodio (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
- Probetas	- Agua destilada
- Espátula	
- Vidrio de reloj	
- Cronómetro	
- Recipiente de vidrio	
- Recipientes de plástico	
- Tela filtrante	
- Secador de bandejas eléctrico tipo armario	
- Papel aluminio	
- Guantes aislantes	
- Fundas ziploc	
- Mortero y pistilo	

Fuente: (Parra, 2019)

### 3.2.1. Descripción del procedimiento para la extracción de almidón de papa

- **Recepción de la materia prima:** Se utilizó 1,5 kg de papa Cecilia para realizar el procedimiento.



**Ilustración 6-3:** Pesado

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

- **Lavado, clasificado y pelado:** Se procede a lavar la papa con abundante cantidad de agua aproximadamente 15lt de agua, de manera que se retire toda la tierra. Una vez lavada la papa se clasifican las que están en buen estado y las que no, para luego proceder al pelado y pesado.
- **Cortado:** Cortar la papa en pequeños trozos de manera que se facilite el triturado de las mismas.



**Ilustración 7-3:** Cortado

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

- **Desinfección:** Para este paso se prepara una solución de 0,5% de metabisulfito de sodio y agua destilada, sumergir las papas aproximadamente 15 minutos (Parra, 2019).



**Ilustración 8-3:Desinfección**

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- **Triturado:** Colocamos los trozos de papas que fueron retirados de la solución en la licuadora, haciendo una relación de por cada 500g de papa 1 lt de agua de botellón. Realizar este proceso por 5 minutos (Parra 2019).



**Ilustración 9-3:Relación**

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023



**Ilustración 10-3:Triturado**

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- **Filtrado:** Una vez licuado filtramos con una tela filtrante o un colador y con el bagazo realizamos el paso anterior unas 4 veces de manera que no se pierda almidón.



**Ilustración 11-3:**Filtrado

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

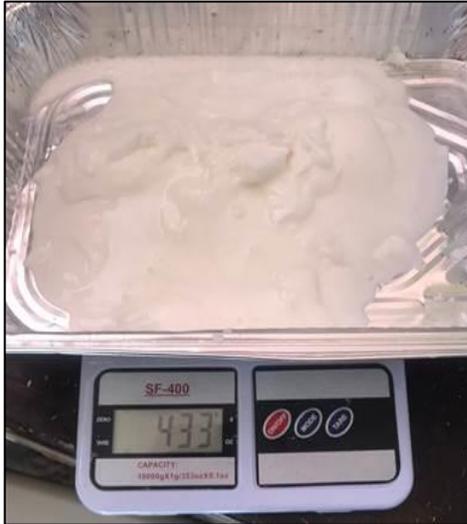
- **Sedimentación:** Dejar reposar por 12 horas en un recipiente.



**Ilustración 12-3:**Sedimentación

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

- **Decantación:** Retirar el exceso de agua de manera que solo quede el almidón humedecido en el fondo del recipiente.



**Ilustración 13-3:**Almidón húmedo

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- **Secado:** Pesamos el almidón y colocamos en unos recipientes para proceder a meterlos en el secador a una temperatura de 60 ° C por 12 horas para luego pesarlo (Parra 2019).



**Ilustración 14-3:**Almidón seco

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- **Molienda:** Una vez seco el almidón procedemos a molerlo con ayuda de un mortero hasta que quede lo más fino posible.



**Ilustración 15-3:**Molienda del almidón

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- **Almacenamiento:** Almacenamos el almidón en fundas ziploc a una temperatura de 22 ° C (Erazo 2022).



**Ilustración 16-3:** Almidón

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

### 3.3. Caracterización del almidón

Después de obtener el almidón de papa se procede a realizar su respectiva caracterización bajo la Normativa NTE INEN 1456:1986 detallada a continuación:

#### 3.3.1. Normativa NTE INEN 1456:1986

- Reactivos para análisis. Almidón soluble (para iodometría). Métodos de ensayo.

**Tabla 1-3:** Método para determinar solubilidad

MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Vaso de precipitación de 25 y 200 cm<sup>3</sup></li> <li>- Agitador de vidrio</li> <li>- Calentador de placa</li> <li>- Probeta graduada de 100 cm<sup>3</sup></li> </ul>	
PROCEDIMIENTO	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar 2 g de muestra en un vaso de precipitación de 25 cm<sup>3</sup>, añadir 5 cm<sup>3</sup> de agua fría y luego agitar.</li> <li>2. Transferir la suspensión sobre 100 cm<sup>3</sup> de agua hirviendo contenida en el vaso de precipitación de 200 cm<sup>3</sup> para luego continuar la ebullición por 2 minutos.</li> <li>3. Guardar la solución para luego determinar el pH.</li> </ol>	

Fuente: (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1456:1986, 2012)

**Tabla 2-3:** Método para determinar pH

<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>	<b>REACTIVOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidor de pH</li> <li>- Electrodo de vidrio y de calomel</li> <li>- Agitador de vidrio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solución tampón 0,05 molal de fosfato pH 7,0</li> </ul>
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Normalizar el medidor de pH a 25°C sumergiendo los electrodos en solución tampón pH 7,0 y ajustar el control a esta temperatura.</li> <li>2. Con el control de asimetría ajustar el instrumento al valor de pH correcto de la solución tampón.</li> <li>3. Con el control correspondiente retornar el equipo a su posición de reposo.</li> <li>4. Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente.</li> <li>5. Sumergir los electrodos en la solución anterior que debe estar a 25°C.</li> <li>6. Accionar el control de lectura y leer el pH.</li> </ol>	

Fuente: (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1456:1986, 2012)

**Tabla 3-3:** Método para determinar sustancias reductoras

<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>	<b>REACTIVOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Vaso de precipitación de 200 cm<sup>3</sup></li> <li>- Probeta graduada de 50 cm<sup>3</sup></li> <li>- Calentador de placa</li> <li>- Crisol filtrante de vidrio de poro mediano</li> <li>- Estufa</li> <li>- Desecador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solución reactivo de Fehling</li> <li>Solución A. Solución de cobre</li> <li>Solución B. Solución de tartrato alcalino</li> </ul>
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pesar 5 g de almidón soluble en un vaso de precipitación, añadir 50 cm<sup>3</sup> de solución reactivo de Fehling y calentar por 4 minutos aproximadamente. Hervir durante 2 minutos.</li> <li>2. Filtrar por crisol de vidrio previamente tarado, lavar el residuo con agua caliente, 10 cm<sup>3</sup> de etanol y 10 cm<sup>3</sup> de éter.</li> <li>3. Colocar en estufa a 105°C durante una hora, enfriar en desecador</li> <li>4. Repetir la operación indicada en el punto anterior hasta masa constante.</li> </ol>	

Fuente: (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1456:1986, 2012)

**Tabla 4-3:** Método para determinar residuo por calcinación

<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>	<b>REACTIVOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Mufla</li> <li>- Calentador de placa</li> <li>- Baño de maría</li> <li>- Campana de extracción de material anticorrosivo</li> <li>- Crisol de platino o porcelana</li> <li>- Desecador</li> <li>- Pipetas graduadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ácido sulfúrico</li> </ul>

- Perilla aspiradora	
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>1. En un crisol de porcelana o platino pesar 1 g de muestra. Calentar hasta ignición bajo campana de extracción. Añadir al material carbonizado 1 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico R.A. El calentamiento debe ser suave, bajo al principio, y continuando en tal forma que requiera 1 a 2 horas para carbonizar totalmente la materia orgánica.</p> <p>2. Calcinar a 800 ± 25°C por 15 min, enfriar en desecador y pesar. Repetir hasta masa constante.</p> <p>3. El contenido de residuo por calcinación se determina mediante la ecuación siguiente:</p> $R = \frac{m_1}{m} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>R= residuo por calcinación, en g/100g</p> <p>M1= masa del residuo, en g.</p> <p>M= masa de la muestra, en g.</p>	

Fuente: (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1456:1986, 2012)

**Tabla 5-3: Método para determinar sensibilidad**

<b>MATERIALES EQUIPOS</b>	<b>REACTIVOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Vaso de precipitación de 25 y 200 cm<sup>3</sup></li> <li>- Calentador de placa</li> <li>- Probeta graduada de 200 cm<sup>3</sup></li> <li>- Pipetas graduadas</li> <li>- Perillas graduadas</li> <li>- Perilla aspiradora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ioduro de potasio</li> <li>- Solución de Iodo 0,1 N</li> <li>- Solución de tiosulfato de sodio 0,1 N</li> </ul>
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>1. En un vaso de precipitación de 25 cm<sup>3</sup> pesar 1 g de muestra. Añadir 5 cm<sup>3</sup> de agua fría y agitar.</p> <p>2. Transferir totalmente la suspensión en un vaso de precipitación con 200 cm<sup>3</sup> de agua hirviendo.</p> <p>3. Enfriar y añadir 5 cm<sup>3</sup> de esta solución a 100 cm<sup>3</sup> de agua conteniendo 50 mg de Ioduro de potasio. Añadir 0,05 cm<sup>3</sup> de solución de Iodo 0,1 N.</p>	

Fuente: (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1456:1986, 2012)

### 3.3.2. Normativa INEN 1459

**Tabla 6-3: Requisitos de almidón soluble**

<b>REQUISITOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÉTODO DE ENSAYO</b>
Solubilidad		Debe cumplir el ensayo		INEN 1456
pH de una solución 2g/100 cm <sup>3</sup> , a 25 °C		5,0	7,0	INEN 1456
Substancias reductoras en maltosa (reactivo de Fehling)	g/100g		0,7	INEN 1456
Residuo por calcinación	g/100g		0,4	INEN 1456

Sensibilidad		Debe cumplir el ensayo	INEN 1456
--------------	--	------------------------	-----------

Fuente: (REACTIVOS PARA ANALISIS. ALMIDON SOLUBLE (C6 H10 O5) n. (PARA IODOMETRIA). REQUISITOS,

1986)

### 3.4. Proceso de obtención del vodka a nivel de laboratorio

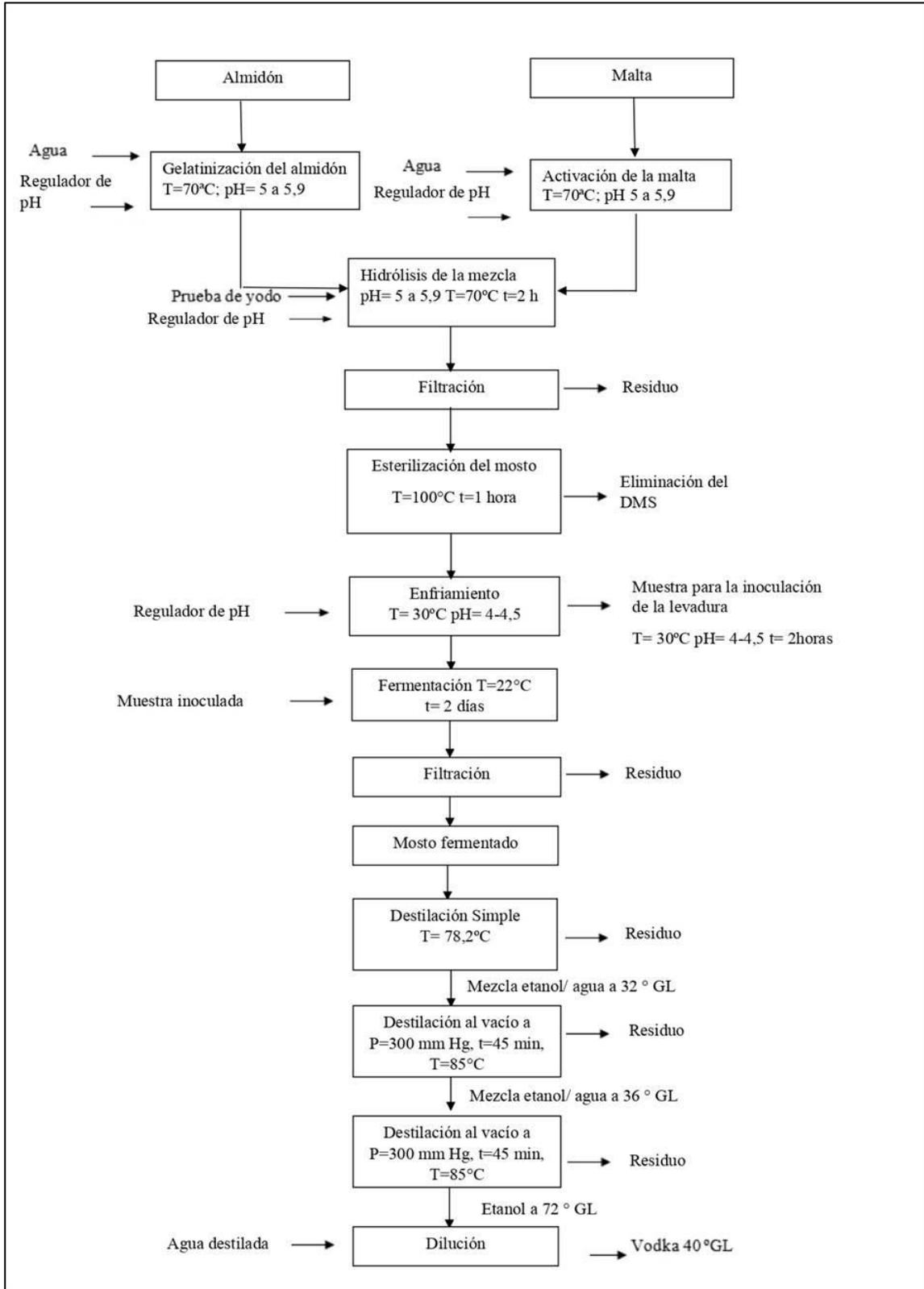


Ilustración 17-3: Diagrama de flujo del proceso de obtención de vodka

Fuente: (Erazo, 2022)

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

**Tabla 7-3:** Materiales y equipos del proceso de obtención de vodka

MATERIALES Y EQUIPOS		REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Almidón de papa Cecilia</li><li>• Vasos de precipitación</li><li>• Recipientes</li><li>• Tela filtrante</li><li>• Refractómetro</li><li>• Densímetro</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• PH metro</li><li>• Balanza digital</li><li>• Molino manual</li><li>• Agitador</li><li>• Termómetro</li><li>• Rota vapor</li><li>• Ollas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Prueba de Yodo (Lugol)</li><li>• Ácido cítrico (<math>C_6H_8O_7</math>)</li><li>• Sorbato de potasio (<math>C_6H_7KO_2</math>)</li><li>• Agua</li><li>• Levadura turbo Yeast</li><li>• Malta de cebada Extra Pale Ale</li></ul>

Fuente: (Erazo, 2022)

- Para la muestra piloto se procede a colocar 825 gramos de almidón de papa Cecilia en 3300 ml de agua (la relación almidón/agua 1:4), inmediatamente se calienta la mezcla almidón-agua a una temperatura no mayor de 70 °C agitando constantemente hasta homogenizar la mezcla, una característica de esta mezcla es que es de una textura viscosa (Hanna Instrument, 2017; citado en Erazo, 2022, pp.64-66).



**Ilustración 18-3:** Pesado del almidón

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023



**Ilustración 19-3: Calentamiento**

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- Moler 825 gramos de malta y activarla con 3300 ml de agua (relación 1:4), calentar la mezcla malta-agua a un  $T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$  agitando constantemente (Palacios et al., 2020 citado en Erazo, 2022, pp.64-66).



**Ilustración 20-3: Pesado de la malta**

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023



**Ilustración 21-3: Calentamiento**

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

- El almidón gelatinizado en el paso anterior se mezcla con la mezcla malta-agua. Cabe recalcar que ambas mezclas antes de ser juntarlas deben estar previamente ajustadas a un pH de 5 a 5,9 y a una  $T=70^{\circ}\text{C}$  (Con la ayuda de ácido cítrico al 0,04% o hidróxido de sodio), debido a que este pH ayudará al rendimiento de las levaduras y también a que no se reproduzcan bacterias innecesarias en el proceso (Palacios et al.,2020 citado en Erazo, 2022, pp.64-66).



**Ilustración 22-3: Ajuste de pH**

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023



**Ilustración 23-3:** Ajuste de pH

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023



**Ilustración 24-3:** Gelatinización del almidón

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- Calentar y mantener a la mezcla durante 2 horas a una temperatura no mayor a 70 °C, (arropar a la olla para poder mantener la temperatura, se puede utilizar el baño María o envolver en papel aluminio al recipiente) (Hanna Instrument, 2017; citado en Erazo, 2022, pp.64-66).



**Ilustración 25-3:** Hidrólisis

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- Pasado de las 2 horas se debe realizar la prueba de almidón (azul: aún hay almidón; marrón: ya no hay almidón), en el caso que la muestra se torne azul dejar un tiempo extra hasta que llegue a las condiciones establecidas y no exista presencia de almidón para finalmente filtrar la mezcla (Erazo, 2022).



**Ilustración 26-3:** Prueba de almidón

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023



**Ilustración 27-3: Filtrado**

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- Hervir el líquido filtrado anteriormente (a 100 °C por 1 hora) con el fin de eliminar el DMS (sulfuro de dimetilo), el cual, es el encargado de producir humos tóxicos incluyendo óxidos de azufre, además esto sirve para que se concentre aún más el mosto y para esterilizarlo 100% (Naranjo & Navarrete, 2015; citados en Erazo, 2022, pp.64-66) .



**Ilustración 28-3: Eliminación del DMS**

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- Para la inoculación de la levadura, se recoge 100 ml del mosto previamente ajustado a un pH en el rango de 4 - 4,5 en un vaso de precipitación, se agrega la levadura turbo Yeast (1 g/litro), el mosto recogido debe estar a una temperatura de 30 ° C, por último, dejar reposar durante dos horas para inocular la muestra extraída en el mosto restante (Jijón, 2018; citado en Erazo, 2022, pp.64-66).



**Ilustración 29-3:** Inoculación de la levadura

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

- Enfriar el mosto a fermentar transvasando de un recipiente a otro y repetir las veces que sean necesarias, esto se debe hacer lo más rápido posible y dejar reposar a una temperatura ambiente por unos minutos (Erazo, 2022).



**Ilustración 30-3:** Enfriamiento del mosto

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023



**Ilustración 31-3:** Levadura agregada al mosto

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- Dejar fermentar el mosto en el equipo a 22 °C aproximadamente (Jijón, 2018; citado en Erazo, 2022, pp.64-66). Tomar los datos de °Brix y pH (datos iniciales de la fermentación) dichos datos se mantengan constantes (Naranjo & Navarrete, 2015; citados en Erazo, 2022, pp.64-66) .



**Ilustración 32-3:** Fermentación del mosto

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- Durante la fermentación debe haber una disminución de los grados Brix, si la diferencia entre el brix inicial con el brix final es muy pequeña, quiere decir que el desdoblamiento se realizó con eficiencia o que la mayoría de los azúcares se convirtieron en alcohol, diariamente se debe recoger los siguientes datos: grados Brix y pH los cuales ayudarán a predecir el grado alcohólico que se logrará obtener, así como también cuantificar los azúcares desdoblados durante la fermentación en cada muestra (Erazo, 2022).



**Ilustración 33-3:** Mosto fermentado

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- Luego de que el pH y grados Brix se mantenga constantes, filtrar el mosto con la ayuda de una tela filtrante para quitar impurezas y olores obtenidas durante el proceso de la fermentación (Erazo, 2022).



**Ilustración 34-3:** Mosto filtrado

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- Para la primera destilación, procedemos a utilizar el equipo de destilación que hay en la Empresa Primicia únicamente se recoge el cuerpo, es decir, el etanol, a una presión y temperatura de: 600mmHg y 72 ° C, respectivamente para llevarlo a la siguiente destilación.



**Ilustración 35-3:** Destilación del mosto

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

- Con el etanol recogido en la primera destilación se procede a la segunda y tercera destilación con el fin de obtener un alto grado alcohólico, las dos últimas destilaciones se realizan también a 72°C. (Guerrero & Yépez, 2018; citados en Erazo, 2022, pp.64-66).
- Según Erazo (2022) para obtener el rendimiento en ml del vodka obtenido, utilizamos la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\text{ml del vodka obtenido}}{\text{ml mosto fermentando}} \times 100$$

#### 3.4.1. Normativa NTE INEN 369

**Tabla 8-3:** Requisitos del vodka

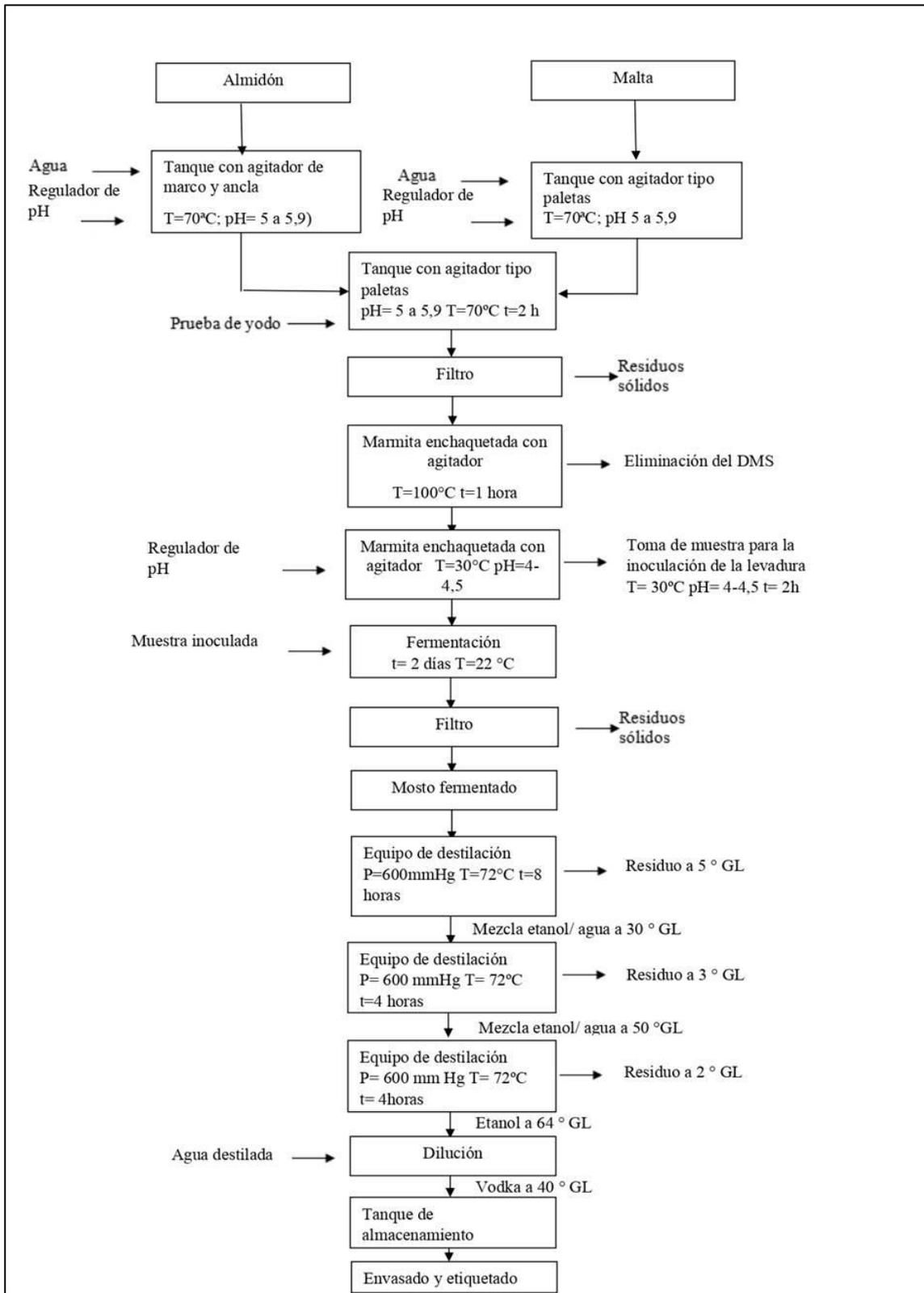
REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Alcohol, fracción volumétrica	%	37,5	-	NTE INEN 340
Metanol	mg/100 cm <sup>3</sup> *	-	1,5	NTE INEN 2014
Furfural	mg/100 cm <sup>3</sup> *	-	0,0	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores **	mg/100 cm <sup>3</sup> *	-	0,7	NTE INEN 2014

\*El volumen de 100 cm<sup>3</sup> corresponde al alcohol absoluto

\*\*Alcoholes superiores comprenden: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamílico, amílico.

Fuente: (NTE INEN 369: BEBIDAS ALCOHÓLICAS. VODKA. REQUISITOS, 2016)

### 3.5. Diseño de proceso de obtención de vodka a nivel industrial



### Ilustración 36-3: Diseño de proceso de obtención de vodka a nivel industrial

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

#### 3.6. Variables del proceso de obtención de vodka

Tabla 9-3: Variables de proceso en la obtención de vodka

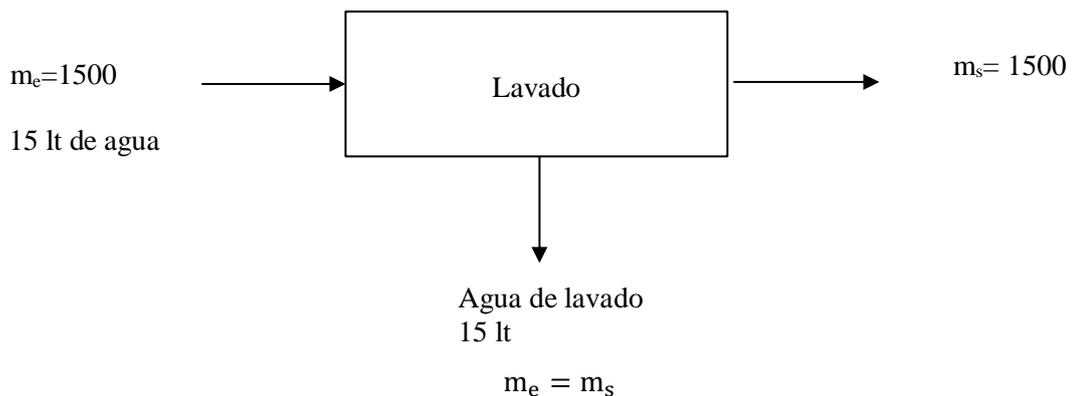
PROCESO	VARIABLES			
	Temperatura ° C	Tiempo, h	pH	Presión mmHg
Gelatinización del almidón	70	2	5- 5,9	-
Activación de la malta	70	2	5- 5,9	-
Eliminación de DMS (sulfuro de dimetilo)	100	1	-	-
Inoculación de la levadura	30	2	4-4,5	-
Fermentación	22	48-72		-
Destilación	72		-	600

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

#### 3.7. Balance de masa

##### 3.7.1. Extracción de almidón

###### 3.7.1.1. Lavado



Dónde:

$m_e$ : masa de entrada de la papa Cecilia (g)

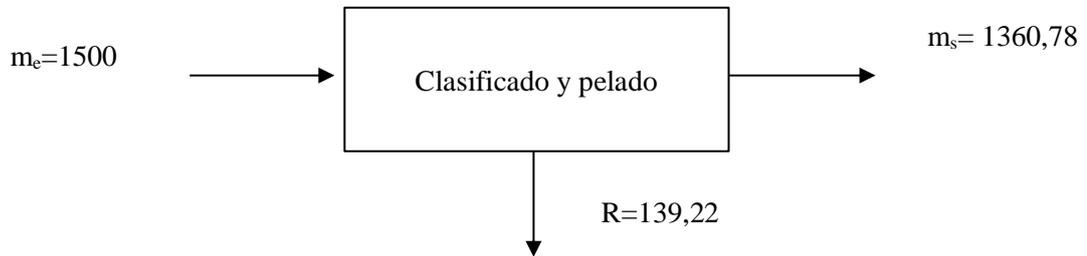
$m_s$ : masa de salida de la papa Cecilia (g)

$$m_e = m_s$$
$$1500 = 1500$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1500}{1500} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 100$$

### 3.7.1.2. Clasificado y pelado



$$m_e = m_s + R$$

Dónde:

$m_e$ : masa de entrada de la papa Cecilia (g)

$m_s$ : masa de salida de la papa Cecilia (g)

R= residuos de papas en mal estado y cáscaras (g)

$$m_e = m_s + R$$

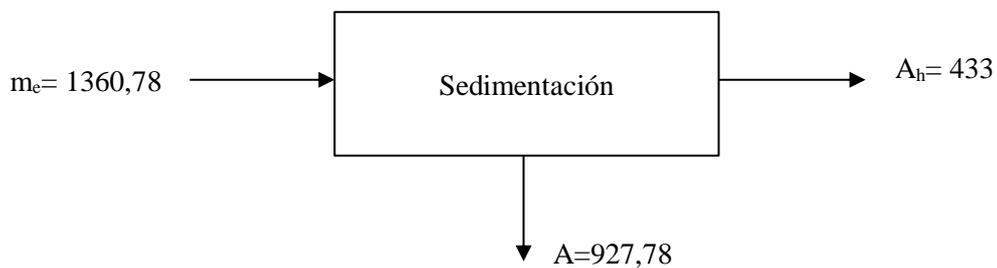
$$1500 = 1360,78 + 139,22$$

$$1500 = 1500$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1360,78}{1500} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 90,71\%$$

### 3.7.1.3. Sedimentación



$$m_e = m_s + A$$

Dónde:

$A_h$ : almidón húmedo (g)

$m_e$ : mezcla a sedimentar (g)

A= Agua desechada (g)

$$m_e = A_h + A$$

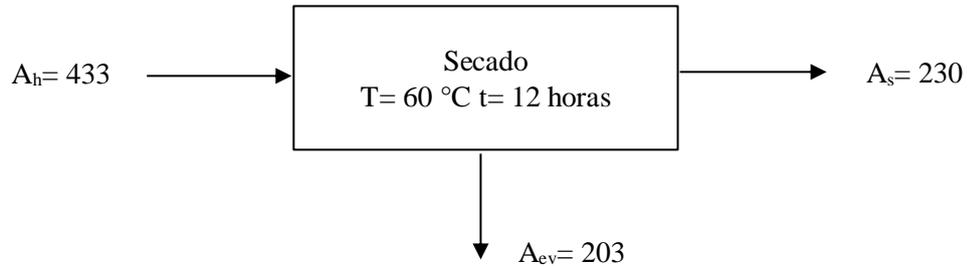
$$1360,78 = 433 + 927,78$$

$$1360,78 = 1360,78$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{433}{1360,78} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 31,82\%$$

#### 3.7.1.4. Secado



$$A_h = A_s + A_e$$

Dónde:

$A_h$ : Almidón húmedo (g)

$A_s$ : Almidón seco (g)

$A_{ev}$ : Agua evaporada (g)

$$A_h = A_s + A_{ev}$$

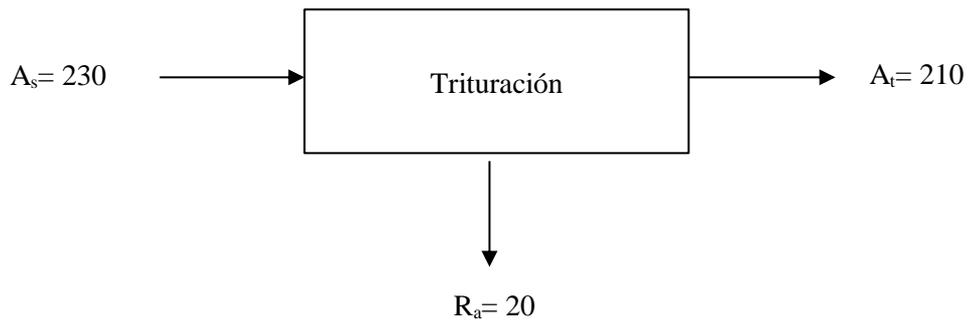
$$433 = 230 + 203$$

$$433 = 433$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{230}{433} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 53,12 \%$$

#### 3.7.1.5. Triturado



$$A_s = A_t + R_a$$

Dónde:

$A_t$ : Almidón triturado (g)

$A_s$ : Almidón seco (g)

$R_a$ : Pérdida de almidón (g)

$$A_s = A_t + R_a$$

$$230 = 210 + 20$$

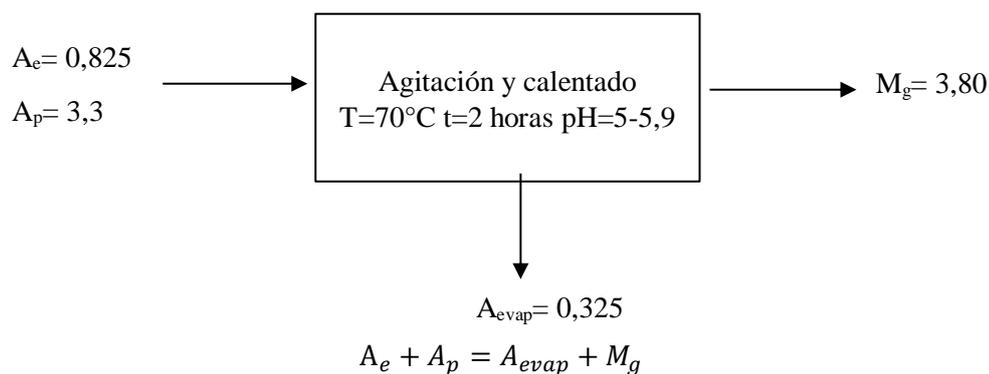
$$230 = 230$$

$$Rendimiento = \frac{210}{230} \times 100$$

$$Rendimiento = 91,30 \%$$

### 3.7.2. Obtención de vodka

#### 3.7.2.1. Agitación y calentamiento del almidón



Dónde:

$A_e$ : Almidón de papa Cecilia (kg)

$A_{evap}$ : Agua evaporada (kg)

$A_p$ : Agua purificada (kg)

$M_g$ : Mezcla gelatinizada (kg)

$$A_e + A_p = A_{evap} + M_g$$

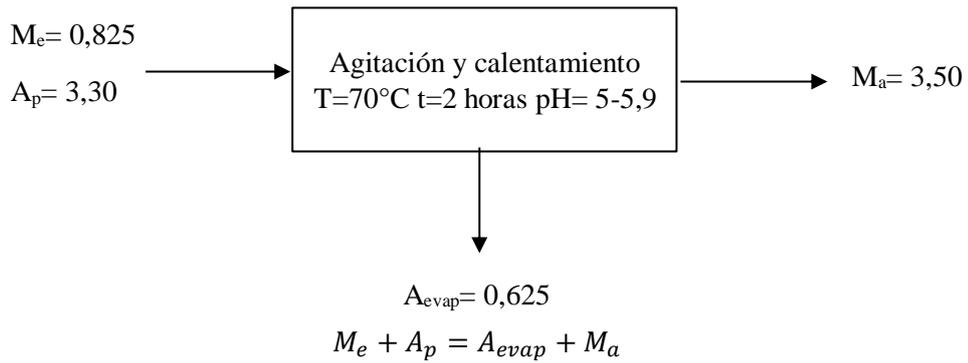
$$0,825 + 3,3 = 0,325 + 3,8$$

$$4,125 = 4,125$$

$$Rendimiento = \frac{3,80}{4,125} \times 100$$

$$Rendimiento = 92,12 \%$$

### 3.7.2.2. Agitación y calentamiento de la malta



Dónde:

$M_e$ : Malta (kg)

$A_{evap}$ : Agua evaporada (kg)

$A_p$ : Agua purificada (kg)

$M_a$ : Malta activada (kg)

$$M_e + A_p = A_{evap} + M_a$$

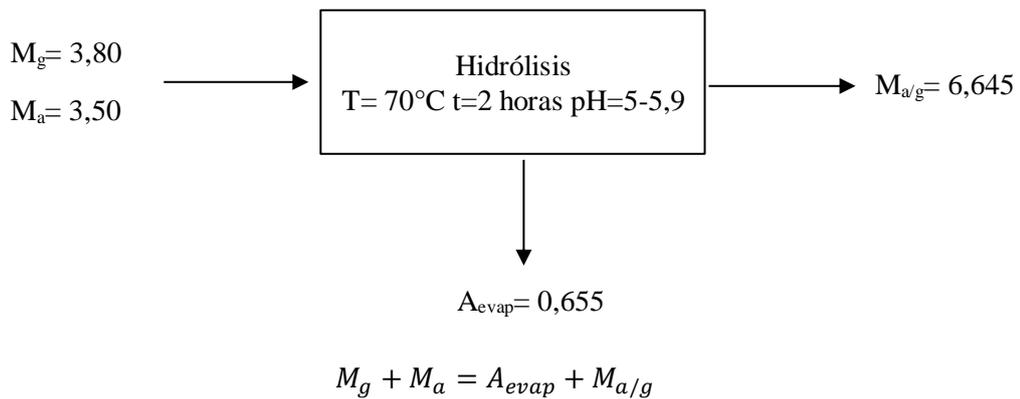
$$0,825 + 3,3 = 0,625 + 3,5$$

$$4,125 = 4,125$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{3,50}{4,125} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 84,84 \%$$

### 3.7.2.3. Hidrólisis de la mezcla



Dónde:

$M_g$ : Almidón gelatinizado (kg)

$A_{evap}$ : Agua evaporada (kg)

$M_{a/g}$ : Mezcla después de la hidrólisis (kg)

$M_a$ : Malta activada (kg)

$$M_g + M_a = A_{evap} + M_{a/g}$$

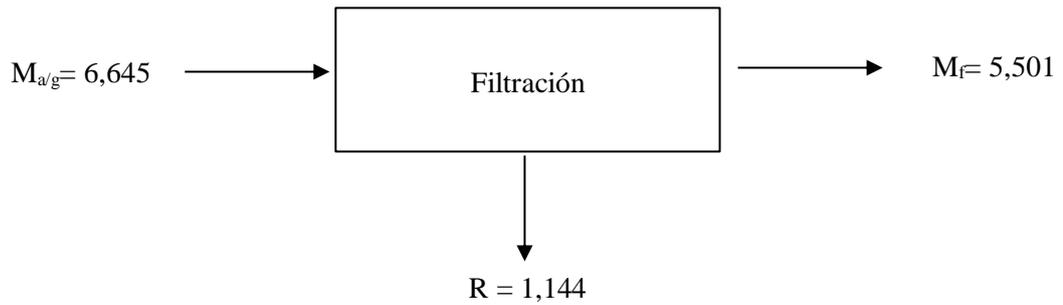
$$3,80 + 3,50 = 0,655 + 6,645$$

$$7,3 = 7,3$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{6,645}{7,30} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 91,02 \%$$

#### 3.7.2.4. Filtrado de la mezcla



$$M_{a/g} = R + M_f$$

Dónde:

$M_f$ : Mezcla filtrada (kg)

$M_{a/g}$ : Mezcla después de la hidrólisis (kg)

R: Residuo (kg)

$$M_{a/g} = R + M_f$$

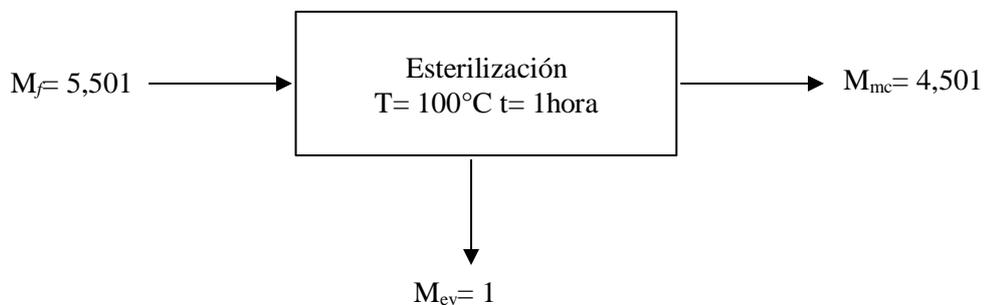
$$6,645 = 1,144 + 5,501$$

$$6,645 = 6,645$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{5,501}{6,645} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 82,78 \%$$

#### 3.7.2.5. Esterilización (eliminación del DMS)



Dónde:

$M_f$ : Mezcla filtrada (kg)

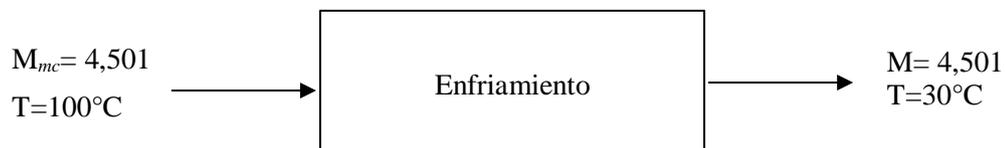
$M_{mc}$ : Mezcla después del calentamiento (kg)

$M_{ev}$ : Mezcla evaporada (kg)

$$M_f = M_{mc} + M_{ev}$$
$$5,501 = 4,501 + 1$$
$$5,501 = 5,501$$
$$Rendimiento = \frac{4,501}{5,501} \times 100$$
$$Rendimiento = 81,82 \%$$

### 3.7.2.6. Enfriamiento de la mezcla

Una vez que se realice el enfriamiento se toma una muestra de 100ml con un pH entre 4-4,5 para inocular la levadura durante 2 horas. La relación es 1g/ lt de la mezcla.



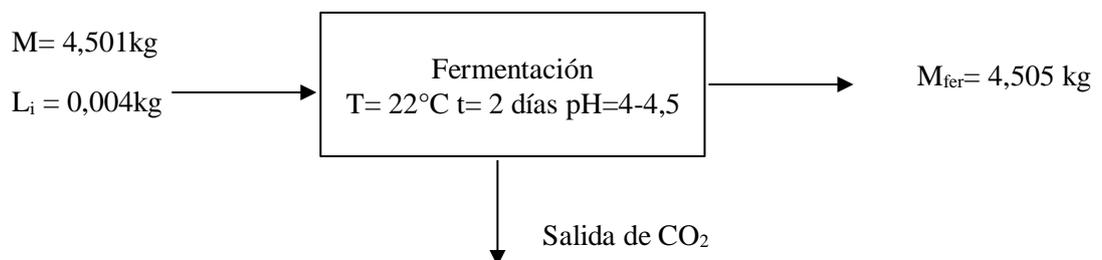
Dónde:

$M_{mc}$ : Mezcla después del calentamiento (kg)

M: Mezcla a 30 °C (kg)

$$M_{mc} = M$$
$$4,501 = 4,501$$
$$Rendimiento = \frac{4,501}{4,501} \times 100$$
$$Rendimiento = 100 \%$$

### 3.7.2.7. Fermentación



Donde:

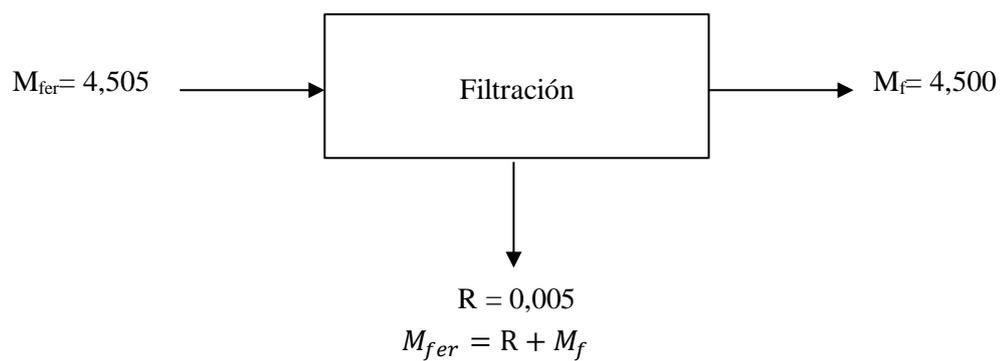
M: Mezcla almidón/agua sin DMS (kg)

$M_{fer}$ : Mosto fermentado (kg)

$L_i$ : Levadura inoculada (kg)

$$\begin{aligned}M + L_i &= M_{fer} \\4,501 + 0,004 &= 4,505 \\4,505 &= 4,505 \\Rendimiento &= \frac{4,505}{4,505} \times 100 \\Rendimiento &= 100 \%\end{aligned}$$

### 3.7.2.8. Filtrado del mosto



Dónde:

$M_f$ : Mezcla filtrada (kg)

$M_{fer}$ : Mezcla fermentada (kg)

R: Residuo (kg)

$$\begin{aligned}M_{fer} &= R + M_f \\4,505 &= 0,005 + 4,500 \\4,505 &= 4,505 \\Rendimiento &= \frac{4,5}{4,505} \times 100 \\Rendimiento &= 99,88 \%\end{aligned}$$

### 3.7.2.9. Primera destilación

Para realizar el balance de masa primero calculamos las fracciones molares:

- Fracción molar de la alimentación

**Tabla 10-3:** Datos para el balance de masa en la primera destilación

Densidad del etanol	Peso molecular del etanol	Peso molecular del agua	Densidad del mosto fermentado	Grado alcohólico del mosto	Grado alcohólico del destilado 1	Grado alcohólico del residuo
$0,789 \frac{g}{ml}$	$46,07 \frac{Kg}{mol}$	$18,01 \frac{Kg}{mol}$	$1,03g/ml$	$6,66^\circ GL$	$30^\circ GL$	$5^\circ GL$

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

$$m_{eta a 6,6^\circ GL} = 4500 ml \text{ mosto} \times \frac{6,66 ml C_2H_5OH}{100 ml \text{ mosto}} \times \frac{0,789 g C_2H_5OH}{1 ml C_2H_5OH} = 236,4633 g C_2H_5OH$$

$$m_{agua a 6,6^\circ GL} = 4500 ml \text{ mosto} \times \frac{93,34 ml H_2O}{100 ml \text{ mosto}} \times \frac{1 g H_2O}{1 ml H_2O} = 4200,3 g H_2O$$

$$n_{etanol} = \frac{m_{etanol}}{PM_{etanol}} = \frac{236,4633 g}{46,07 g/mol} = 5,1326 mol$$

$$n_{agua} = \frac{m_{agua}}{PM_{agua}} = \frac{4200,3 g}{18,01 g/mol} = 233,220 mol$$

$$X_F = \frac{n_{etanol}}{n_{etanol} + n_{agua}}$$

$$X_F = \frac{5,1326}{5,1326 + 233,220}$$

$$X_{F(etanol)} = 0,0215$$

$$X_{F(agua)} = 1 - X_{F(etanol)}$$

$$X_{F(agua)} = 1 - 0,0215$$

$$X_{F(agua)} = 0,9785$$

- Fracción molar del destilado

$$m_{eta a 30^\circ GL} = 1046 ml \text{ mezcla etanol - agua} \times \frac{30 ml C_2H_5OH}{100 ml \text{ mezcla etanol - agua}} \times \frac{0,789 g C_2H_5OH}{1 ml C_2H_5OH}$$

$$= 247,5882 g C_2H_5OH$$

$$m_{agua a 30^\circ GL} = 1046 ml \text{ mezcla etanol - agua} \times \frac{70 ml H_2O}{100 ml \text{ mezcla etanol - agua}} \times \frac{1 g H_2O}{1 ml H_2O}$$

$$= 732,2 g H_2O$$

$$n_{etanol} = \frac{m_{etanol}}{PM_{etanol}} = \frac{247,5882 g}{46,07 g/mol} = 5,3741 mol$$

$$n_{agua} = \frac{m_{agua}}{PM_{agua}} = \frac{732,2 g}{18,01 g/mol} = 40,655 mol$$

$$X_D = \frac{n_{etanol}}{n_{etanol} + n_{agua}}$$

$$X_D = \frac{5,3741}{5,3741 + 40,655}$$

$$X_{D(etanol)} = 0,1167$$

$$X_{D(agua)} = 1 - X_{D(etanol)}$$

$$X_{D(agua)} = 1 - 0,1167$$

$$X_{D(agua)} = 0,8833$$

- Fracción molar del fondo

$$m_{etanol a 5^\circ GL} = 3454 \text{ ml mezcla} \times \frac{5 \text{ ml } C_2H_5OH}{100 \text{ ml mezcla}} \times \frac{0,789 \text{ g } C_2H_5OH}{1 \text{ ml } C_2H_5OH} = 136,26 \text{ g } C_2H_5OH$$

$$m_{agua a 5^\circ GL} = 3454 \text{ ml mezcla} \times \frac{95 \text{ ml } H_2O}{100 \text{ ml mezcla}} \times \frac{1 \text{ g } H_2O}{1 \text{ ml } H_2O} = 3281,3 \text{ g } H_2O$$

$$n_{etanol} = \frac{m_{etanol}}{PM_{etanol}} = \frac{136,26 \text{ g}}{46,07 \text{ g/mol}} = 2,957 \text{ mol}$$

$$n_{agua} = \frac{m_{agua}}{PM_{agua}} = \frac{3281,3 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}} = 182,19 \text{ mol}$$

$$X_W = \frac{n_{etanol}}{n_{etanol} + n_{agua}}$$

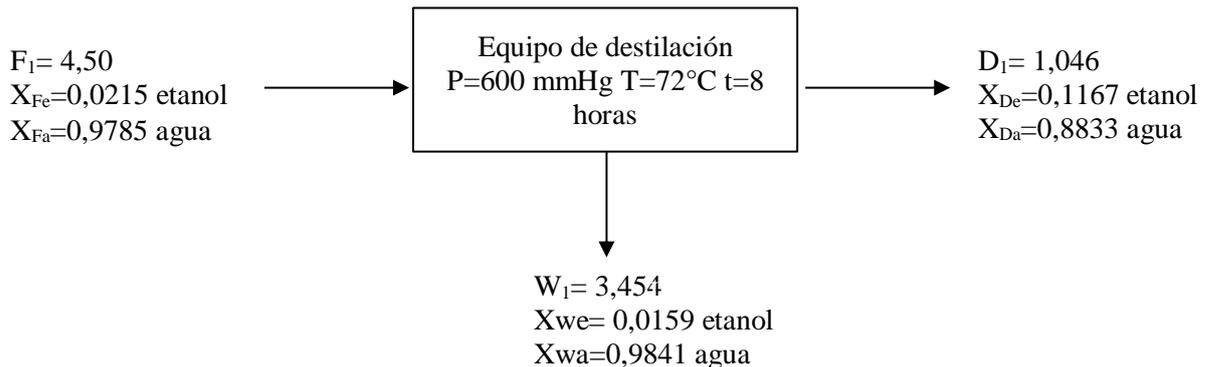
$$X_W = \frac{2,957}{2,957 + 182,19}$$

$$X_{W(etanol)} = 0,0159$$

$$X_{W(agua)} = 1 - X_{W(etanol)}$$

$$X_{W(agua)} = 1 - 0,0159$$

$$X_{W(agua)} = 0,9841$$



Dónde:

$F_1$  = Mosto fermentado (lt)

$W_1$  = Residuo del destilado (lt)

$D_1$  = Primer destilado a  $30^\circ GL$  (lt)

Balance de masa global:

$$F_1 = D_1 + W_1$$

$$4,50 = 1,046 + 3,454$$

$$4,5 = 4,5$$

Balance de masa parcial del etanol:

$$F_1 \times X_{Fe} = D_1 \times X_{De} + W_1 \times X_{We}$$

$$4,5 \times 0,0215 = 1,046 \times 0,1167 + 3,454 \times 0,0159$$

$$0,1765 = 0,1220 + 0,0549$$

$$0,1765 = 0,1769$$

Balance de masa parcial del agua:

$$F_1 \times X_{Fa} = D_1 \times X_{Da} + W_1 \times X_{Wa}$$

$$4,5 \times 0,9785 = 1,046 \times 0,8833 + 3,454 \times 0,9841$$

$$4,40325 = 0,9239 + 0,0549$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1,046}{4,50} \times 100 = 23,24\%$$

### 3.7.2.10. Segunda destilación

- Fracción molar del destilado

$$m_{\text{etanol a } 50^\circ\text{GL}} = 600 \text{ ml mezcla} \frac{\text{etanol}}{\text{agua}} \times \frac{50 \text{ ml } C_2H_5OH}{100 \text{ ml mezcla} \frac{\text{etanol}}{\text{agua}}} \times \frac{0,789 \text{ g } C_2H_5OH}{1 \text{ ml } C_2H_5OH}$$

$$= 236,7 \text{ g } C_2H_5OH$$

$$m_{\text{agua a } 50^\circ\text{GL}} = 600 \text{ ml mezcla etanol/agua} \times \frac{50 \text{ ml } H_2O}{100 \text{ ml mezcla etanol/agua}} \times \frac{1 \text{ g } H_2O}{1 \text{ ml } H_2O}$$

$$= 300 \text{ g } H_2O$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{PM_{\text{etanol}}} = \frac{236,7 \text{ g}}{46,07 \text{ g/mol}} = 5,1378 \text{ mol}$$

$$n_{\text{agua}} = \frac{m_{\text{agua}}}{PM_{\text{agua}}} = \frac{300 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}} = 16,657 \text{ mol}$$

$$X_D = \frac{n_{\text{etanol}}}{n_{\text{etanol}} + n_{\text{agua}}}$$

$$X_D = \frac{5,1378}{5,1378 + 16,657}$$

$$X_{D(\text{etanol})} = 0,2357$$

$$X_{D(\text{agua})} = 1 - X_{D(\text{etanol})}$$

$$X_{D(\text{agua})} = 1 - 0,2357$$

$$X_{D(\text{agua})} = 0,7643$$

- Fracción molar del fondo

$$m_{\text{etanol a } 3^{\circ}\text{GL}} = 446 \text{ ml mezcla} \times \frac{3 \text{ ml } C_2H_5OH}{100 \text{ ml mezcla}} \times \frac{0,789 \text{ g } C_2H_5OH}{1 \text{ ml } C_2H_5OH} = 10,5568 \text{ g } C_2H_5OH$$

$$m_{\text{agua a } 3^{\circ}\text{GL}} = 446 \text{ ml mezcla} \times \frac{97 \text{ ml } H_2O}{100 \text{ ml mezcla}} \times \frac{1 \text{ g } H_2O}{1 \text{ ml } H_2O} = 432,62 \text{ g } H_2O$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{PM_{\text{etanol}}} = \frac{10,5568 \text{ g}}{46,07 \text{ g/mol}} = 0,2291 \text{ mol}$$

$$n_{\text{agua}} = \frac{m_{\text{agua}}}{PM_{\text{agua}}} = \frac{432,62 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}} = 24,02 \text{ mol}$$

$$X_W = \frac{n_{\text{etanol}}}{n_{\text{etanol}} + n_{\text{agua}}}$$

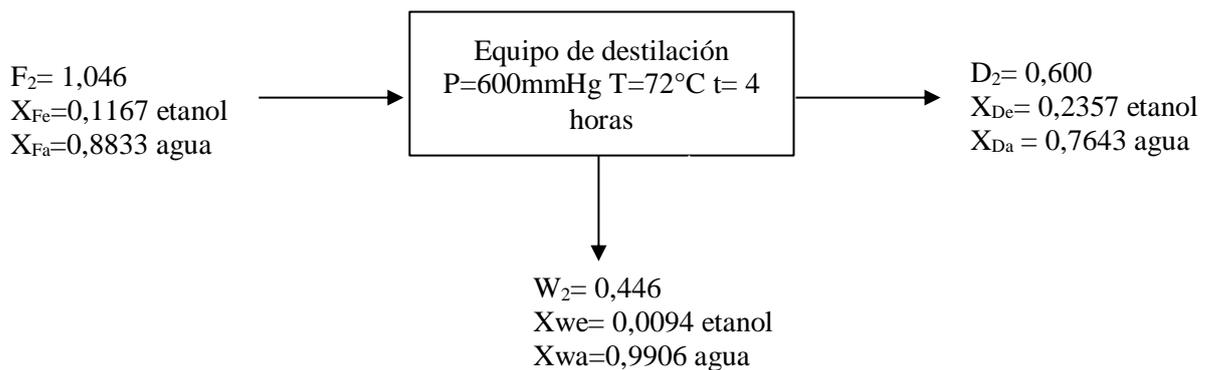
$$X_W = \frac{0,2291}{0,2291 + 24,02}$$

$$X_{W(\text{etanol})} = 0,0094$$

$$X_{W(\text{agua})} = 1 - X_{W(\text{etanol})}$$

$$X_{W(\text{agua})} = 1 - 0,0094$$

$$X_{W(\text{agua})} = 0,9906$$



Dónde:

$F_2$  = Primer destilado a  $30^{\circ}\text{GL}$  (lt)

$D_2$  = Segundo destilado a  $50^{\circ}\text{GL}$  (lt)

$W_2$  = Residuo del destilado (lt)

Balance de masa global:

$$F_2 = D_2 + W_2$$

$$1,046 = 0,600 + 0,446$$

$$1,046 = 1,046$$

Balance de masa parcial del etanol:

$$F_2 \times X_{Fe} = D_2 \times X_{De} + W_2 \times X_{We}$$

$$1,046 \times 0,1167 = 0,600 \times 0,2357 + 0,446 \times 0,0094$$

$$0,122 = 0,1414 + 0,0041$$

$$0,122 = 0,1455$$

Balance de masa parcial del agua:

$$F_2 \times X_{Fa} = D_2 \times X_{Da} + W_2 \times X_{Wa}$$

$$1,046 \times 0,8833 = 0,600 \times 0,7643 + 0,446 \times 0,9906$$

$$0,9239 = 0,4585 + 0,4418$$

$$0,9239 = 0,9000$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,600}{1,046} \times 100 = 57,36 \%$$

### 3.7.2.11. Tercera destilación

- Fracción molar del destilado

$$m_{\text{eta a } 64^\circ\text{GL}} = 400 \text{ ml etanol/agua} \times \frac{64 \text{ ml } C_2H_5OH}{100 \text{ ml mezcla } \frac{\text{etanol}}{\text{agua}}} \times \frac{0,789 \text{ g } C_2H_5OH}{1 \text{ ml } C_2H_5OH}$$

$$= 201,984 \text{ g } C_2H_5OH$$

$$m_{\text{agua a } 64^\circ\text{GL}} = 400 \text{ ml mezcla etanol/agua} \times \frac{36 \text{ ml } H_2O}{100 \text{ ml mezcla etanol/agua}} \times \frac{1 \text{ g } H_2O}{1 \text{ ml } H_2O}$$

$$= 144 \text{ g } H_2O$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{PM_{\text{etanol}}} = \frac{201,984 \text{ g}}{46,07 \text{ g/mol}} = 4,38 \text{ mol}$$

$$n_{\text{agua}} = \frac{m_{\text{agua}}}{PM_{\text{agua}}} = \frac{144 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}} = 7,99 \text{ mol}$$

$$X_D = \frac{n_{\text{etanol}}}{n_{\text{etanol}} + n_{\text{agua}}}$$

$$X_D = \frac{4,38}{4,38 + 7,99}$$

$$X_{D(\text{etanol})} = 0,3540$$

$$X_{D(\text{agua})} = 1 - X_{D(\text{etanol})}$$

$$X_{D(\text{agua})} = 1 - 0,3540$$

$$X_{D(\text{agua})} = 0,646$$

- Fracción molar del fondo

$$m_{\text{eta a } 2^\circ\text{GL}} = 200 \text{ ml mezcla} \times \frac{2 \text{ ml } C_2H_5OH}{100 \text{ ml mezcla}} \times \frac{0,789 \text{ g } C_2H_5OH}{1 \text{ ml } C_2H_5OH} = 3,156 \text{ g } C_2H_5OH$$

$$m_{\text{agua a } 2^\circ\text{GL}} = 200 \text{ ml mezcla} \times \frac{98 \text{ ml } H_2O}{100 \text{ ml mezcla}} \times \frac{1 \text{ g } H_2O}{1 \text{ ml } H_2O} = 196 \text{ g } H_2O$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{PM_{\text{etanol}}} = \frac{3,156 \text{ g}}{46,07 \text{ g/mol}} = 0,0685 \text{ mol}$$

$$n_{\text{agua}} = \frac{m_{\text{agua}}}{PM_{\text{agua}}} = \frac{196 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}} = 10,88 \text{ mol}$$

$$X_W = \frac{n_{etanol}}{n_{etanol} + n_{agua}}$$

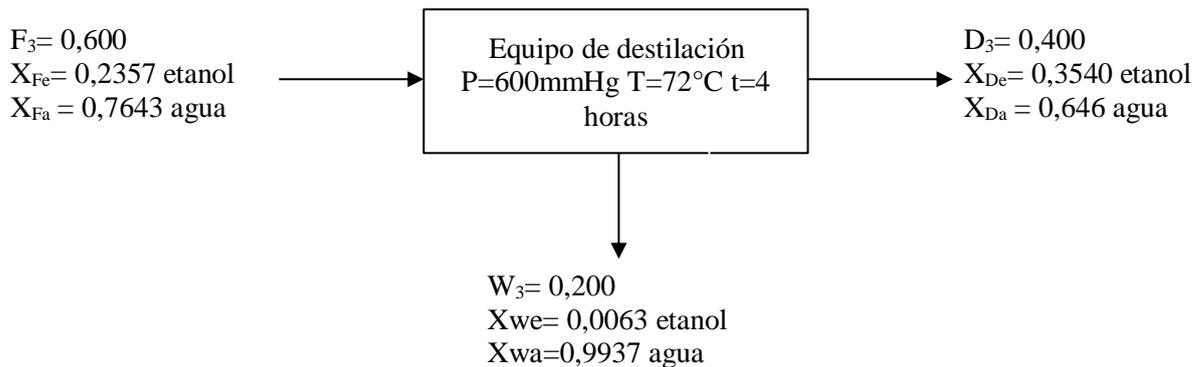
$$X_W = \frac{0,0685}{0,0685 + 10,88}$$

$$X_{W(etanol)} = 0,0063$$

$$X_{W(agua)} = 1 - X_{W(etanol)}$$

$$X_{W(agua)} = 1 - 0,0063$$

$$X_{W(agua)} = 0,9937$$



Dónde:

$F_3$  = Segundo destilado a 50 ° GL (lt)

$D_3$  = Tercer destilado a 64 ° GL (lt)

$W_3$  = Residuo del destilado (lt)

Balance de masa global:

$$F_3 = D_3 + W_3$$

$$0,600 = 0,400 + 0,200$$

$$0,600 = 0,600$$

Balance de masa parcial del etanol:

$$F_3 \times X_{Fe} = D_3 \times X_{De} + W_3 \times X_{We}$$

$$0,600 \times 0,2357 = 0,400 \times 0,3540 + 0,200 \times 0,0063$$

$$0,1414 = 0,1416 + 0,00126$$

$$0,1414 = 0,1428$$

Balance de masa parcial del agua:

$$F_3 \times X_{Fa} = D_3 \times X_{Da} + W_3 \times X_{Wa}$$

$$0,600 \times 0,7643 = 0,400 \times 0,646 + 0,200 \times 0,9937$$

$$0,4585 = 0,2584 + 0,1987$$

$$0,4585 = 0,4571$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,400}{0,600} \times 100 = 66,67 \%$$

### 3.8. Balance de energía

#### 3.8.1. Secado de almidón de papa Cecilia

Se comenzó con una temperatura ambiente de 22 °C hasta llegar a 60° C y se procede a calcular lo siguiente:

##### 3.8.1.1. Cálculo del balance de energía general del almidón

$$E_{\text{cinética}} + E_{\text{potencial}} + \Delta H = Q + W$$

$$\Delta H = Q$$

$$Q = m_{\text{almidón}} \times C_p \times \Delta T$$

Dónde:

$E_{\text{cinética}}$ = energía cinética (J)

$E_{\text{potencial}}$ = energía potencial (J)

$\Delta H$ = variación de entalpía (J)

Q= calor (J)

W=trabajo (J)

##### 3.8.1.2. Cálculo del calor sensible para el almidón de la papa Cecilia

$$Q_{\text{sensible}} = h_{60^{\circ}\text{C}} - h_{20^{\circ}\text{C}}$$

$$Q_{\text{sensible}} = 251,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 83,915 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{sensible}} = 167,265 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Dónde:

$Q_{\text{sensible}}$ = calor sensible (KJ/kg)

$h_{20^{\circ}\text{C}}$ = entalpía del agua a 20 °C

$h_{60^{\circ}\text{C}}$ = entalpía del agua a 60 °C

##### 3.8.1.3. Cálculo del calor suministrado a la papa Cecilia

$$Q_s = Q_{\text{latente}} + Q_{\text{sensible}}$$

$$Q_s = 2257 \frac{kJ}{kg} + 167,265 \frac{kJ}{kg}$$

$$Q_s = 2424,265 \frac{kJ}{kg}$$

Dónde:

$Q_s$ =calor suministrado (KJ/kg)

$Q_{latente}$ = calor latente del agua (ver anexo F kJ/kg)

$Q_{sensible}$ = calor sensible (kJ/kg)

#### 3.8.1.4. Cálculo de la capacidad calorífica del almidón de papa Cecilia

$$Q = m_{almidón} \times C_p \times \Delta T$$

$$C_p = \frac{Q}{m_{almidón} \times \Delta T}$$

$$C_p = \frac{227,7184 \text{ kJ}}{0,230 \text{ kg} \times (60 - 20)^\circ C}$$

$$C_p = 24,752 \frac{kJ}{kg^\circ C}$$

Dónde:

$Q$ = calor ganado del almidón

$m_{almidón}$ = peso del almidón en kg

$C_p$ = capacidad calorífica del almidón kJ/kg°C

$\Delta T$ = variación de temperatura en °C

#### 3.8.1.5. Cálculo del calor ganado por el almidón de papa Cecilia

$$Q = m_{almidón} \times C_p \times \Delta T$$

$$Q = 0,230 \text{ kg} \times 24,752 \times (60 - 20)^\circ C$$

$$Q = 227,7 \text{ kJ}$$

Dónde:

$m_{almidón}$ = peso del almidón en kg

$C_p$ = capacidad calorífica del almidón kJ/kg°C

$\Delta T$ = variación de temperatura en °C

#### 3.8.1.6. Cálculo de la entalpía del almidón de papa Cecilia

$$h_{almidón} = C_p \times \Delta T$$

$$h_{\text{almidón}} = 24,752 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (60 - 20)^\circ\text{C}$$

$$h_{\text{almidón}} = 990,08 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

### 3.8.1.7. Cálculo del calor requerido para evaporar el agua del almidón

$$Q_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} \times Q_{\text{latente}}$$

$$Q_{\text{agua}} = 0,203 \text{ kg} \times 2257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{agua}} = 458,171 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Dónde:

$Q_{\text{agua}}$  = calor necesario para evaporar el agua del almidón (kJ)

$m_{\text{agua}}$  = masa de agua evaporada (kg)

$Q_{\text{latente}}$  = calor latente (kJ/kg)

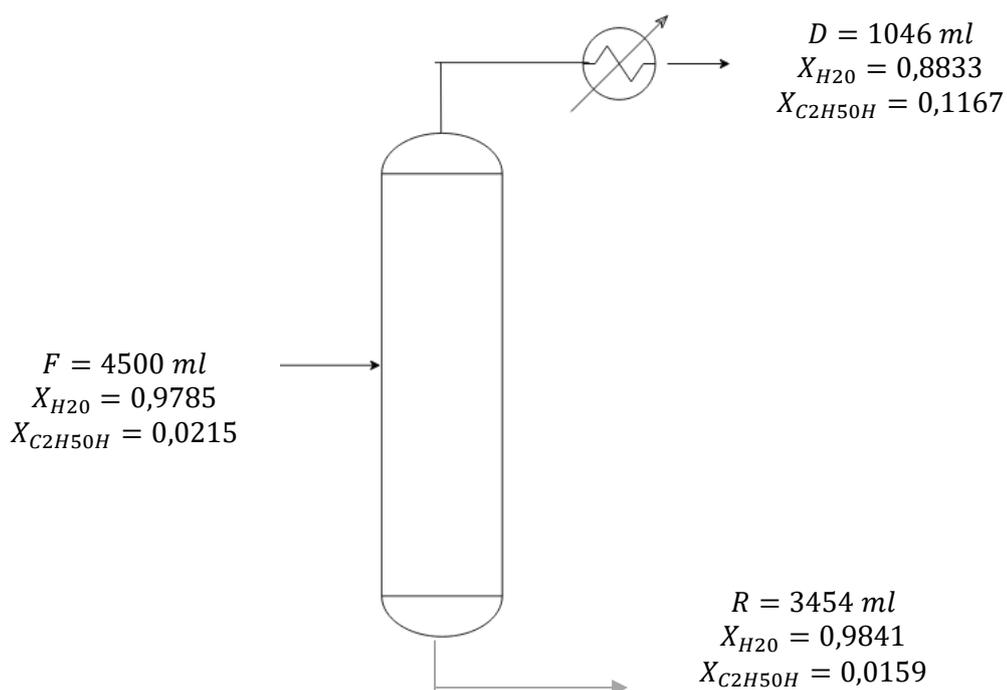
### 3.8.1.8. Cálculo del calor total en el secado del almidón de papa Cecilia

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{agua}} + Q$$

$$Q_{\text{total}} = 227,7 + 458,171$$

$$Q_{\text{total}} = 685,871 \text{ kJ}$$

### 3.8.2. Destilación



3.8.2.1. Flujo másico de la alimentación (mosto fermentado)

$$\begin{aligned}\dot{m}_F &= \frac{V_{MF} * \rho_{MF}}{t} \\ \dot{m}_F &= \frac{4,5 L * 1,03 \frac{Kg}{L}}{8 h} \\ \dot{m}_F &= 0,579 \frac{Kg}{h}\end{aligned}$$

3.8.2.2. Flujo másico del destilado

$$\begin{aligned}\dot{m}_D &= \frac{V_D * \rho_D}{t} \\ \dot{m}_D &= \frac{1,046 L * 0,789 \frac{Kg}{L}}{8 h} \\ \dot{m}_D &= 0,1031 \frac{Kg}{h}\end{aligned}$$

3.8.2.3. Flujo másico del residuo

$$\begin{aligned}\dot{m}_R &= \frac{V_R * \rho_R}{t} \\ \dot{m}_R &= \frac{3,454 L * 1,02 \frac{Kg}{L}}{8 h} \\ \dot{m}_R &= 0,44 \frac{Kg}{h}\end{aligned}$$

3.8.2.4. Cálculo del calor absorbido en el condensador

$$\begin{aligned}Q_{ab} &= \dot{m} * H_c \\ Q_{ab} &= \frac{4,5 L * 1,03 \frac{Kg}{L}}{8 h} * 1950 KJ/Kg \\ Q_{ab} &= 1129,78 \frac{KJ}{Kg}\end{aligned}$$

Dónde:

$H_c$  = entalpia del vapor saturado

3.8.2.5. Balance de energía general

$$F * h_{mf} + Q_r = D * h_d + R * h_r + Q_{ab}$$

$$0,579 \frac{Kg}{h} * 410 \frac{KJ}{Kg} + Q_r = 0,1031 \frac{Kg}{h} * 310 \frac{KJ}{Kg} + 0,44 \frac{Kg}{h} * 410 \frac{KJ}{Kg} + 1129,78 \frac{KJ}{Kg}$$

$$237,39 \frac{KJ}{h} + Q_r = 31,961 \frac{KJ}{h} + 180,4 \frac{KJ}{h} + 1129,78 \frac{KJ}{Kg}$$

$$237,39 \frac{KJ}{h} + Q_r = 1342,141 \frac{KJ}{Kg}$$

$$Q_r = 1342,141 \frac{KJ}{Kg} - 237,39 \frac{KJ}{h}$$

$$Q_r = 1104,751 \frac{KJ}{Kg}$$

Dónde:

$Q_c$  = calor absorbido en el condensador

$Q_r$  = calor cedido por una estufa

### 3.9. Diseño de equipos

Los valores necesarios para calcular las dimensiones de los equipos son tomados de la siguiente tabla:

**Tabla 11-3:** Datos para el dimensionamiento de los equipos

Muestras	Almidón (g)	Agua (ml)	V <sub>1</sub> (ml)	Malt a (g)	Agua (ml)	V <sub>2</sub> (ml)	Hidrólisis de la mezcla (ml)	Mosto fermentado (ml)	Cantidad obtenida de la última destilación a 64 ° GL(ml)	Vodka a 40 ° GL(ml)
Prueba	825	3300	3800	825	3300	3500	6645	4505	400	640
1 lote de 180 lt	19800	79200	99000	19800	79200	99000	198000	180000	131250	210000

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

#### 3.9.1. Tanques con agitador

##### 3.9.1.1. Tanque con agitador industrial de marco y ancla para la mezcla almidón/agua

- Volumen del tanque de agitación almidón/ agua

Sabiendo que el volumen que ocupa la mezcla almidón/agua para una producción de 2 lotes de 180 litros es 0,099 m<sup>3</sup>, calculamos el volumen del tanque de agitación:

$$V_{TAA} = \frac{V_{al}}{ag} \times f_s$$

$$V_{TAA} = 0,099 \frac{m^3}{lote} \times 1,15$$

$$V_{TAA} = 0,11385 \frac{m^3}{lote}$$

Dónde:

$V_{al/ag}$ = volumen de la mezcla almidón/agua

$f_s$ =factor de seguridad al 15%

$V_{TAA}$ : Volumen del tanque de agitación almidón/ agua

- Diámetro interno del tanque de agitación almidón/ agua

$$\phi_{TAA} = \sqrt[3]{\frac{3 \times V_{TAA}}{4\pi}} \times 2$$

$$\phi_{TAA} = \sqrt[3]{\frac{3 \times 0,11385 m^3}{4\pi}} \times 2$$

$$\phi_{TAA} = 0,601 m$$

Dónde:

$V_{TAA}$ : Volumen del tanque de agitación almidón/ agua

$\phi_{TAA}$ =Diámetro del tanque de agitación

- Altura del tanque de agitación almidón/ agua

$$h_{TAA} = \frac{V_{TAA}}{\pi r^2}$$

$$h_{TAA} = \frac{0,11385 m^3}{\pi \times \left(\frac{0,601}{2}\right)^2}$$

$$h_{TAA} = 0,4013 m$$

Dónde:

$V_{TAA}$ : Volumen del tanque de agitación almidón/ agua

$r$ = radio interno del tanque de agitación

$h_{TAA}$ = Altura del tanque de agitación almidón/ agua

- Área de transferencia de calor

$$A = 2\pi r h + 2\pi r^2 = 2\pi(0,3005m)(0,4013m) + 2\pi(0,3005m)^2$$

$$A = 1,325 \text{ m}^2$$

Dónde:

r= radio del tanque de agitación almidón/agua

h=altura del tanque de agitación almidón/agua

- Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque

$$h_{cag} = h_{TAA} \times f_s$$

$$h_{cag} = 0,4013 \text{ m} \times 1,15$$

$$h_{cag} = 0,4614 \text{ m}$$

Dónde:

$h_{TAA}$ = Altura del tanque de agitación almidón/ agua

$f_s$ = factor de seguridad del 15%

$h_{cag}$ = Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque

- Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque

$$\phi_{cag} = \phi_{TAA} \times f_s$$

$$\phi_{cag} = 0,601 \times 1,15$$

$$\phi_{cag} = 0,69115 \text{ m}$$

Dónde:

$\phi_{TAA}$ =Diámetro del tanque de agitación

$f_s$ = factor de seguridad del 15%

$\phi_{cag}$ =Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque

- Longitud del brazo del sistema de agitación

$$L_{SA} = \frac{5}{8} \times \phi_{TAA}$$

$$L_{SA} = \frac{5}{8} \times 0,601$$

$$L_{SA} = 0,3756 \text{ m}$$

Dónde:

$\phi_{TAA}$ =Diámetro del tanque de agitación almidón/agua

$L_{SA}$ = Longitud del brazo del sistema de agitación

- Diámetro del agitador para el tanque de almidón/agua

$$\begin{aligned}\phi_{AA} &= \frac{1}{10} \times L_{SA} \\ \phi_{AA} &= \frac{1}{10} \times 0,3756m \\ \phi_{AA} &= 0,03756 m\end{aligned}$$

Dónde:

$L_{SA}$ = Longitud del brazo del sistema de agitación

$\phi_{AA}$ =Diámetro del agotador para el tanque de almidón/agua

- Diámetro del rodete

$$\begin{aligned}\phi_{rA} &= \frac{3}{4} \times \phi_{TAA} \\ \phi_{rA} &= \frac{3}{4} \times 0,601 \\ \phi_{rA} &= 0,4507 m\end{aligned}$$

Dónde:

$\phi_{TAA}$ =Diámetro del tanque de agitación almidón/agua

$\phi_{rA}$ =Diámetro del rodete

- Distancia entre el fondo del tanque y el rodete

$$\begin{aligned}X &= h_{TAA} - L_{SA} \\ X &= 0,4013m - 0,3756m \\ X &= 0,0257 m\end{aligned}$$

Dónde:

$L_{SA}$ = Longitud del brazo del sistema de agitación

$h_{TAA}$ =altura del tanque de agitación almidón/agua

$X$ = distancia entre el fondo del tanque y el rodete

- Altura de la paleta

$$\begin{aligned}A_p &= \frac{1}{5} \times L_{SA} \\ A_p &= \frac{1}{5} \times 0,3756m \\ A_p &= 0,075m\end{aligned}$$

Dónde:

$L_{SA}$  = Longitud del brazo del sistema de agitación

$A_p$  = altura de la paleta

- Distancia entre rejillas

$$X_{re} = \frac{L_{SA}}{4}$$

$$X_{re} = \frac{0,3756m}{4}$$

$$X_{re} = 0,0939 m$$

Dónde:

$L_{SA}$  = Longitud del brazo del sistema de agitación

### 3.9.1.2. Tanque con agitador industrial tipo paletas para la mezcla malta/agua

- Volumen del tanque de agitación malta/agua

Sabiendo que el volumen que ocupa la mezcla malta/agua para una producción de 2 lotes de 180 litros es  $0,099 m^3$ , calculamos el volumen del tanque de agitación:

$$V_{TMA} = \frac{V_{ma}}{ag} \times f_s$$

$$V_{TMA} = 0,099 \frac{m^3}{lote} \times 1,15$$

$$V_{TMA} = 0,11385 \frac{m^3}{lote}$$

Donde:

$V_{ma/ag}$  = volumen de la mezcla malta/agua

$f_s$  = factor de seguridad al 15%

- Diámetro interno del tanque de agitación de la mezcla malta/agua

$$\phi_{TMA} = \sqrt[3]{\frac{3 \times V_{TMA}}{4\pi}} \times 2$$

$$\phi_{TMA} = \sqrt[3]{\frac{3 \times 0,11385m^3}{4\pi}} \times 2$$

$$\phi_{TMA} = 0,601 m$$

Dónde:

$V_{TMA}$ : Volumen del tanque de agitación malta/ agua

- Altura del tanque de agitación de la mezcla malta/agua

$$h_{TMA} = \frac{V_{TMA}}{\pi r^2}$$
$$h_{TMA} = \frac{0,11385 \text{ m}^3}{\pi \times \left(\frac{0,601}{2}\right)^2}$$
$$h_{TMA} = 0,4013 \text{ m}$$

Dónde:

$V_{TMA}$ = Volumen de la mezcla malta/agua

r= radio interno del tanque de agitación de la mezcla malta/agua

- Área de transferencia de calor

$$A = 2\pi r h + 2\pi r^2 = 2\pi(0,3005\text{m})(0,4013\text{m}) + 2\pi(0,3005\text{m})^2$$
$$A = 1,325 \text{ m}^2$$

Dónde:

r= radio del tanque de agitación de la mezcla malta/agua

h=altura de la mezcla malta/agua

- Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque

$$h_{cmg} = h_{TMA} \times f_s$$
$$h_{cmg} = 0,4013 \text{ m} \times 1,15$$
$$h_{cmg} = 0,4614 \text{ m}$$

Dónde:

$h_{TMA}$ = altura del tanque de agitación malta/agua

$f_s$ = factor de seguridad del 15%

- Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque

$$\Phi_{cmg} = \Phi_{TMA} \times f_s$$
$$\Phi_{cmg} = 0,601\text{m} \times 1,15$$
$$\Phi_{cmg} = 0,69115 \text{ m}$$

Dónde:

$\phi_{TMA}$ =Diámetro del tanque de agitación de la mezcla malta/agua

$f_s$ = factor de seguridad del 15%

- Longitud del brazo del sistema de agitación

$$L_{SA} = \frac{5}{8} \times \phi_{TMA}$$

$$L_{SA} = \frac{5}{8} \times 0,601$$

$$L_{SA} = 0,3756m$$

Dónde:

$\phi_{TMA}$ =Diámetro del tanque de agitación malta/agua

- Diámetro del agitador de la mezcla malta/agua

$$D_{AA} = \frac{1}{3} \times L_{SA}$$

$$D_{IMA} = \frac{1}{3} \times 0,3756 m$$

$$D_{IMA} = 0,1252 m$$

Dónde:

$L_{SA}$ = Longitud del brazo del sistema de agitación

- Ancho de la hoja del impulsor

$$W = \frac{1}{6} \times D_{IMA}$$

$$W = \frac{1}{6} \times 0,1252m$$

$$W = 0,0208 m$$

Dónde:

$D_{IMA}$ = diámetro del agitador de la mezcla malta/agua

- Distancia del impulsor con respecto al fonde del tanque de agitación malta/agua

$$X = h_{TMA} - L_{SA}$$

$$X = 0,4013m - 0,3756m$$

$$X = 0,0257 \text{ m}$$

Dónde:

$L_{SA}$  = Longitud del brazo del sistema de agitación

$h_{TAA}$  = altura del tanque de agitación almidón/agua

- Longitud de las paletas del impulsor

$$L = \frac{2}{3} \times D_{IMA}$$

$$L = \frac{3}{5} \times 0,03756$$

$$L = 0,0225 \text{ m}$$

Dónde:

$D_{IMA}$  = diámetro del impulsor

- Distancia entre paletas

$$D_{ET} = \frac{2}{3} \times \phi_{TMA}$$

$$D_{ET} = \frac{2}{3} \times 0,601 \text{ m}$$

$$D_{ET} = 0,40 \text{ m}$$

Dónde:

$\phi_{TMA}$  = diámetro del tanque de la mezcla malta/agua

### 3.9.1.3. Tanque con agitador industrial tipo paletas para la mezcla

- Volumen del tanque de agitación de la mezcla malta/agua y almidón/agua

Sabiendo que el volumen que ocupa la mezcla es de  $0,198 \text{ m}^3$ , calculamos el volumen del tanque de agitación:

$$V_{THM} = V_{MT} \times f_s$$

$$V_{THM} = 0,198 \frac{\text{m}^3}{\text{lote}} \times 1,15$$

$$V_{THM} = 0,2277 \frac{\text{m}^3}{\text{lote}}$$

Dónde:

$V_{MT}$  = volumen de la mezcla malta/agua y almidón/agua

$f_s$ =factor de seguridad al 15%

- Diámetro interno del tanque de agitación de la mezcla malta/agua y almidón/agua

$$\begin{aligned}\phi_{THM} &= \sqrt[3]{\frac{3 \times V_{THM}}{4\pi}} \times 2 \\ \phi_{THM} &= \sqrt[3]{\frac{3 \times 0,2277m^3}{4\pi}} \times 2 \\ \phi_{THM} &= 0,7576 m\end{aligned}$$

Dónde:

$V_{THM}$ = Volumen de tanque de agitación de la mezcla malta/agua y almidón/agua

- Altura del tanque de agitación de la mezcla malta/agua y almidón/agua

$$\begin{aligned}h_{THM} &= \frac{V_{THM}}{\pi r^2} \\ h_{THM} &= \frac{0,2277 m^3}{\pi \times \left(\frac{0,7576}{2}\right)^2} \\ h_{THM} &= 0,5051 m\end{aligned}$$

Dónde:

$V_{THM}$ = Volumen de tanque de agitación de la mezcla malta/agua y almidón/agua

$r$ = radio interno del tanque de agitación de la mezcla malta/agua y almidón/agua

- Área de transferencia de calor

$$\begin{aligned}A &= 2\pi r h + 2\pi r^2 = 2\pi(0,3788m)(0,5051m) + 2\pi(0,3788m)^2 \\ A &= 2,1037 m^2\end{aligned}$$

- Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de agitación de la mezcla

$$\begin{aligned}h_{cm} &= h_{THM} \times f_s \\ h_{cm} &= 0,5051m \times 1,15 \\ h_{cm} &= 0,5808 m\end{aligned}$$

Dónde:

$h_{THM}$ = altura del tanque de agitación de la mezcla malta/agua y almidón/agua

$f_s$ = factor de seguridad del 15%

- Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque de mezcla

$$\begin{aligned}\phi_{ama} &= \phi_{THM} \times f_s \\ \phi_{ama} &= 0,7576 \text{ m} \times 1,15 \\ \phi_{ama} &= 0,8712 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

$\phi_{THM}$ =Diámetro del tanque de agitación de la mezcla malta/agua y almidón/agua

$f_s$ = factor de seguridad del 15%

- Diámetro del impulsor

$$\begin{aligned}D_I &= \frac{1}{3} \times \phi_{THM} \\ D_I &= \frac{1}{3} \times 0,7576 \text{ m} \\ D_I &= 0,2525 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

$\phi_{THM}$ = diámetro del tanque de mezcla malta/agua y almidón/agua

- Ancho de la hoja del impulsor de la mezcla malta/agua y almidón/agua

$$\begin{aligned}W &= \frac{1}{6} \times D_I \\ W &= \frac{1}{6} \times 0,2525 \text{ m} \\ W &= 0,042 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

$D_I$ = diámetro del impulsor

- Longitud del brazo del sistema de agitación

$$\begin{aligned}L_{SA} &= \frac{5}{8} \times \phi_{THM} \\ L_{SA} &= \frac{5}{8} \times 0,7576 \\ L_{SA} &= 0,4735 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

$\phi_{THM}$ =Diámetro del tanque de agitación de mezcla

- Distancia del impulsor con respecto al fonde del tanque de agitación

$$\begin{aligned} X &= h_{THA} - L_{SA} \\ X &= 0,5051m - 0,4735m \\ X &= 0,0316 m \end{aligned}$$

Dónde:

$L_{SA}$ = Longitud del brazo del sistema de agitación

$h_{TAA}$ =altura del tanque de agitación de mezcla

- Longitud de las paletas del impulsor

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{4} \times D_I \\ L &= \frac{1}{4} \times 0,2525 \\ L &= 0,0631 m \end{aligned}$$

Dónde:

$D_I$ = diámetro del impulsor

- Distancia entre paletas del agitador de tanque almidón/agua

$$\begin{aligned} D_{ET} &= \frac{2}{3} \times \phi_{THM} \\ D_{ET} &= \frac{2}{3} \times 0,7576 m \\ D_{ET} &= 0,5050 m \end{aligned}$$

### 3.9.2. Filtro

Para la filtración de la mezcla se pretende usar un filtro sanitario de pulido de espejo para industria alimentaria, filtro de cerveza con abrazadera, SS304, el cual tiene las siguientes especificaciones:

**Tabla 12-3:** Especificaciones del filtro

ESPECIFICACIONES	DETALLES
Material	SS304/316L

Malla	Malla de Metal perforado Placa de alambre de cuña
Luz de malla	4 $\mu\text{m}$
Presión	PN 16
Tamaño	DN25-DN100
Conexión	Soldadura, sujeción, roscado, brida
Estándar	3A DIN SMS ISO/FDI RJT
Junta	De silicona de caucho EPDM PTFE
Temperatura máxima	120 °C / 248 °F
Material de sellado	EPDM if FPM

Fuente: (Alibaba,2020)

Realizado por: Reyes, Kristy,2023

### 3.9.3. Marmita enchaquetada con agitador

El siguiente equipo está diseñado para el calentamiento de la mezcla después del filtrado de manera que se pueda eliminar el DMS, este mismo equipo se lo utilizará para enfriar la mezcla y para la fermentación.

- Volumen de la marmita

Para calcular el volumen de la marmita tomamos en cuenta el volumen de la mezcla después de la hidrólisis que es de 0,198 m<sup>3</sup>

$$V_{TMA} = V_{HM} \times (1 + f_s)$$

$$V_{TMA} = 0,198 \text{ m}^3 \times (1 + 0,15)$$

$$V_{TMA} = 0,2277 \text{ m}^3$$

Dónde:

$V_{HM}$  = Volumen de la hidrólisis mezcla

$f_s$  = factor de seguridad del 15%

- Diámetro de la marmita

$$V_T = V_{cilindro} + V_{semiesfera}$$

$$V_T = \frac{\pi}{4} \times d_T^2 \times h_T + \frac{\pi}{12} \times d_T^3$$

$$h_{Tnq} = 1.20 * d_T$$

$$V_T = \frac{\pi}{4} \times d_T^2 \times 1,20 \times d_T + \frac{\pi}{12} \times d_T^3$$

$$d_{TMA} = \left( \frac{12 * V_{tnq}}{\pi * (3 * 1.20 + 1)} \right)^{1/3}$$

$H_T$  = altura de la marmita

$V_T$ : volumen de la marmita

$D_{ag}$ : diámetro interno de la marmita

$$d_{TMA} = \sqrt[3]{\left[ \frac{12 \times 0,2277 \text{ m}^3}{\pi \times (3 \times 1,20) + 1} \right]}$$

$$d_{TMA} = 0,60547 \text{ m}$$

- Altura de la marmita

$$h_{TMA} = 1,20 \times d_{TMA}$$

$$h_{TMA} = 1,20 \times 0,60547 \text{ m}$$

$$h_{TMA} = 0,7265 \text{ m}$$

- Espesor de la plancha para la marmita

$$dT = 0,60547$$

El espesor es: 3 mm. Teniendo un diámetro exterior igual a 0,60847 m

- Área de transferencia de calor

$$A = 4 \times \pi \times r^2$$

$$A = 4 \times \pi \times 0,302735^2$$

$$A = 1,1516 \text{ m}^2$$

- Altura de la chaqueta de la marmita

$$h_{cm} = h_{TMA} \times f_s$$

$$h_{cm} = 0,7265 \text{ m} \times 1,15$$

$$h_{cm} = 0,8354 \text{ m}$$

Dónde:

$h_{TMA}$ = altura de la marmita

$f_s$ = factor de seguridad del 15%

- Diámetro de la chaqueta de la marmita

$$\Phi_{cm} = d_{TMA} \times f_s$$

$$\Phi_{cm} = 0,60547 \text{ m} \times 1,15$$

$$\phi_{cm} = 0,6963 \text{ m}$$

Dónde:

$d_{TMA}$ =Diámetro de la marmita

$f_s$ = factor de seguridad del 15%

- Longitud del agitador

$$L_{AMA} = 1,03 \times d_{TMA}$$

Dónde:

$L_{AMA}$ : longitud del agitador

$d_{TMA}$ : Diámetro interno de la marmita

$$L_{AMA} = 1,03 \times 0,60547 \text{ m}$$

$$L_{AMA} = 0,6236 \text{ m}$$

- Espesor del agitador

$$E_{AMA} = \frac{1}{10} \times L_{AMA}$$

$$E_{AMA} = \frac{1}{10} \times 0,6236 \text{ m}$$

$$E_{AMA} = 0,06236 \text{ m}$$

Dónde:

$L_{AMA}$ : longitud del agitador

- Diámetro del agitador

$$d_{AMA} = \frac{9}{10} \times d_{TMA}$$

$$d_{AMA} = \frac{9}{10} \times 0,60547 \text{ m}$$

$$d_{AMA} = 0,2018 \text{ m}$$

Dónde:

$d_{TMA}$ =Diámetro de la marmita

- Distancia entre el fondo del tanque y agitador

$$X = h_{TMA} - (L_{AMA} + E_{AMA})$$

$$X = 0,7265 - (0,6236 + 0,06236)$$

$$X = 0,0405 \text{ m}$$

Dónde:

$L_{AMA}$ : longitud del agitador

$h_{TMA}$ : altura de la marmita

$E_{AMA}$ : espesor del agitador

### 3.9.4. Equipo de destilación

El equipo necesario para destilar el etanol y que tenga mayor rendimiento debe ser equipo destilación industrial de línea de producción de vodka con las siguientes características:

**Tabla 13-3:** Especificaciones del equipo de destilación

FLUIDO A DESTILAR: mezcla etanol /agua	
ESPECIFICACIONES	DETALLES
Numero de modelo	HL
Material	SUS304/de cobre rojo
Concentración del alcohol	máximo 96%
Método de calefacción	Vapor/eléctrico/ de fuego directo
Componentes	Torre de destilación, olla, condensador
Voltaje	220V/380V 50/60Hz
Energía	0-80 KW

Fuente: (Alibaba,2020)

Realizado por: Reyes, Kristy,2023

A continuación calculamos las medidas de la columna de destilación:

#### 3.9.4.1. Columna de destilación

**Tabla 14-3:** Datos adicionales para el diseño de la columna de destilación

Densidad del etanol	Peso molecular del etanol	Peso molecular del agua	Tensión superficial del etanol	Temperatura media de vapores	Presión absoluta media
$0,789 \frac{g}{ml}$	$46,07 \frac{Kg}{mol}$	$18,01 \frac{Kg}{mol}$	$20,6 \frac{N}{m}$	$95^{\circ}C$	$760 mmHg$

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

- Fracción molar de la alimentación

$$\begin{aligned}
 m_{eta a 6,6^{\circ}GL} &= 4500ml \text{ mosto} \times \frac{6,66ml C_2H_5OH}{100 ml \text{ mosto}} \times \frac{0,789g C_2H_5OH}{1ml C_2H_5OH} \\
 &= 236,4633g C_2H_5OH
 \end{aligned}$$

$$m_{\text{agua a } 6,6^{\circ}\text{GL}} = 4500 \text{ ml mosto} \times \frac{93,34 \text{ ml H}_2\text{O}}{100 \text{ ml mosto}} \times \frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ ml H}_2\text{O}} = 4200,3 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{PM_{\text{etanol}}} = \frac{236,4633 \text{ g}}{46,07 \text{ g/mol}} = 5,1326 \text{ mol}$$

$$n_{\text{agua}} = \frac{m_{\text{agua}}}{PM_{\text{agua}}} = \frac{4200,3 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}} = 233,220 \text{ mol}$$

$$X_F = \frac{n_{\text{etanol}}}{n_{\text{etanol}} + n_{\text{agua}}}$$

$$X_F = \frac{5,1326}{5,1326 + 233,220}$$

$$X_{F(\text{etanol})} = 0,0215$$

$$X_{F(\text{agua})} = 1 - X_{F(\text{etanol})}$$

$$X_{F(\text{agua})} = 1 - 0,0215$$

$$X_{F(\text{agua})} = 0,9785$$

- Fracción molar del destilado

Se estima obtener como producto destilado etanol al 30°GL, tomando en consideración la experimentación realizada (30ml/100ml).

$$m_{\text{eta a } 30^{\circ}\text{GL}} = 1046 \text{ ml mezcla etanol - agua} \times \frac{30 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{100 \text{ ml mezcla etanol - agua}} \times \frac{0,789 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}} =$$

$$247,5882 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

$$m_{\text{agua a } 30^{\circ}\text{GL}} = 1046 \text{ ml mezcla etanol - agua} \times \frac{70 \text{ ml H}_2\text{O}}{100 \text{ ml mezcla etanol - agua}} \times \frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ ml H}_2\text{O}}$$

$$= 732,2 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{PM_{\text{etanol}}} = \frac{247,5882 \text{ g}}{46,07 \text{ g/mol}} = 5,3741 \text{ mol}$$

$$n_{\text{agua}} = \frac{m_{\text{agua}}}{PM_{\text{agua}}} = \frac{732,2 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}} = 40,655 \text{ mol}$$

$$X_D = \frac{n_{\text{etanol}}}{n_{\text{etanol}} + n_{\text{agua}}}$$

$$X_D = \frac{5,3741}{5,3741 + 40,655}$$

$$X_{D(\text{etanol})} = 0,1167$$

$$X_{D(\text{agua})} = 1 - X_{D(\text{etanol})}$$

$$X_{D(\text{agua})} = 1 - 0,1167$$

$$X_{D(a\text{gua})} = 0,8833$$

- Fracción molar del fondo

Los residuos recogidos, conocidos como colas fueron de 5°GL, según la experimentación realizada (0,05ml/100ml).

$$\begin{aligned} m_{\text{etanol a } 5^{\circ}\text{GL}} &= 3454 \text{ ml mezcla} \times \frac{5 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{100 \text{ ml mezcla}} \times \frac{0,789 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}} \\ &= 136,26 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} \end{aligned}$$

$$m_{\text{agua a } 5^{\circ}\text{GL}} = 3454 \text{ ml mezcla} \times \frac{95 \text{ ml H}_2\text{O}}{100 \text{ ml mezcla}} \times \frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ ml H}_2\text{O}} = 3281,3 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{PM_{\text{etanol}}} = \frac{136,26 \text{ g}}{46,07 \text{ g/mol}} = 2,957 \text{ mol}$$

$$n_{\text{agua}} = \frac{m_{\text{agua}}}{PM_{\text{agua}}} = \frac{3281,3 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}} = 182,19 \text{ mol}$$

$$X_W = \frac{n_{\text{etanol}}}{n_{\text{etanol}} + n_{\text{agua}}}$$

$$X_W = \frac{2,957}{2,957 + 182,19}$$

$$X_{W(\text{etanol})} = 0,0159$$

$$X_{W(\text{agua})} = 1 - X_{W(\text{etanol})}$$

$$X_{W(\text{agua})} = 1 - 0,0159$$

$$X_{W(\text{agua})} = 0,9841$$

- Peso molecular del mosto fermentado

$$PM_{MF} = X_F \times PM_{\text{etanol}} + (1 - X_F) \times PM_{\text{agua}}$$

$$PM_{MF} = 0,0215 \times 46,07 \frac{\text{Kg}}{\text{mol}} + (1 - 0,0215) \times 18,01 \frac{\text{Kg}}{\text{mol}}$$

$$PM_{MF} = 18,61 \frac{\text{Kg}}{\text{mol}}$$

Dónde:

$PM_{\text{etanol}}$  = peso molecular del etanol

$X_F$  = fracción molar del etanol en la alimentación

$PM_{\text{agua}}$  = peso molecular del agua

- Flujo molar del mosto fermentado por hora

$$\dot{n}_F = \frac{V_{MF} \times \rho_{MF}}{t}$$

$$\dot{n}_F = \frac{180 \frac{L}{lote} \times 1,03 \frac{Kg}{L}}{7 h}$$

$$\dot{n}_F = 26,485 \frac{Kg}{h} \times \frac{1 mol}{18,61 Kg}$$

$$\dot{n}_F = 1,42 \frac{mol}{h}$$

Dónde:

$V_{MF}$  = volumen del mosto fermentado

$\rho_{MF}$  = densidad del mosto fermado

$t$  = tiempo estimado = 7 h

- Flujo molar del destilado por hora

$$\dot{n}_D = \frac{\dot{n}_F \times (X_F - X_W)}{X_D - X_W}$$

$$\dot{n}_D = \frac{1,42 \frac{mol}{h} \times (0,0215 - 0,0159)}{0,1167 - 0,0159}$$

$$\dot{n}_D = 0,0788 \frac{mol}{h}$$

Dónde:

$\dot{n}_F$  = flujo molar del mosto fermentado

$X_F$  = fracción molar del mosto fermentado

$X_W$  = flujo molar del fondo

$X_D$  = flujo molar del destilado

- Flujo molar del fondo por hora

$$\dot{n}_F = \dot{n}_D + \dot{n}_W$$

$$\dot{n}_W = \dot{n}_F - \dot{n}_D$$

$$\dot{n}_W = 1,42 \frac{mol}{h} - 0,0788 \frac{mol}{h}$$

$$\dot{n}_W = 1,3412 \frac{mol}{h}$$

Dónde:

$\dot{n}_D = \text{flujo molar del destilado}$

$\dot{n}_F = \text{flujo molar del destilado}$

- Flujo molar del líquido de reflujo por hora

$$R_T = \frac{\dot{n}_{LR}}{\dot{n}_D}$$

$$\dot{n}_{LR} = R_T \times \dot{n}_D$$

$$\dot{n}_{LR} = 0,30 \times 1,3412 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$\dot{n}_{LR} = 0,40236 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Dónde:

$R_T = \text{reflujo total}$

$\dot{n}_D = \text{flujo molar del destilado}$

- Flujo molar del vapor por hora

$$\dot{n}_V = \dot{n}_{LR} + \dot{n}_D$$

$$\dot{n}_V = 0,40236 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 1,3412 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$\dot{n}_V = 1,74356 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Dónde:

$\dot{n}_D = \text{flujo molar del destilado}$

$\dot{n}_{LR} = \text{flujo molar del líquido de reflujo}$

- Condiciones de operación de la destilación

En la primera destilación tuvo un rendimiento del 23,24%, pero se estima tener un rendimiento teórico de 50%. Además, tomamos en consideración las condiciones en las que opera la destilación.

$$R = \frac{L_n}{D}$$

$$R = \frac{1046}{3454} = 0,30$$

Dónde:

R= Reflujo de operación

L<sub>n</sub>= reflujo líquido

D=producto destilado

$$\frac{R}{R_{min}} = 1,5$$

$$R_{min} = \frac{0,30}{1,5} = 0,20$$

Dónde:

Rmin= reflujo mínimo

**Tabla 15-3:**Condiciones de operación de la destilación

Fracción molar del etanol en el mosto fermentado ( $X_{F(etanol)}$ )	Fracción molar de etanol obtenido de la 1ra destilación ( $X_{D(etanol)}$ )	Fracción molar de los fondos ( $X_W$ )	Alimentación liquido-vapor (Q)	Reflujo mínimo ( $R_{min}$ )	Reflujo total ( $R_T$ )
0,0215	0,1167	0,0159	0,5	0,20	0,30

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

- Cálculo de la x de intersección

$$x_{int} = \frac{X_F \times (R_T + 1) + X_D \times (Q - 1)}{Q \times (R_T + 1) - R_T \times (Q - 1)}$$

$$x_{int} = \frac{0,0215 \times (0,30 + 1) + 0,1167 \times (0,5 - 1)}{0,5 \times (0,30 + 1) - 0,30 \times (0,5 - 1)}$$

$$x_{int} = -0,038$$

- Cálculo de la y de intersección

$$y_{int} = \frac{R_T}{R_T + 1} x_{int} + \frac{X_D}{R_T + 1}$$

$$y_{int} = \frac{0,30}{0,30 + 1} (-0,038) + \frac{0,1167}{0,30 + 1}$$

$$y_{int} = 0,081$$

- Cálculo para la recta operativa de enriquecimiento

$$y_{enr} = \frac{R_T}{R_T + 1} x_{enq} + \frac{X_D}{R_T + 1}$$

$$y_{enr} = \frac{0,30}{0,30 + 1} 0,1167 + \frac{0,1167}{0,30 + 1}$$

$$y_{enr} = 0,1167$$

**Tabla 16-3:**Datos para la recta de enriquecimiento

$X_{enriquecimiento}$	$Y_{enriquecimiento}$
0,1167	0,1167
0,081	-0,038

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

- Cálculo para la recta de alimentación

**Tabla 17-3:**Datos para la recta de alimentación

$X_{alimentación}$	$Y_{alimentación}$
0,0215	0,0215
-0,038	0,081

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

- Cálculo para la recta operativa de agotamiento

$$B = \frac{y_{int} - X_W}{y_{int} - x_{int}}$$

$$B = \frac{0,081 - 0,0159}{0,081 - (-0,038)}$$

$$B = 0,5470$$

$$y_{agota} = \frac{B}{B - 1} x_{agota} - \frac{X_W}{B - 1}$$

$$y_{agota} = \frac{0,5470}{0,5470 - 1} 0,0159 - \frac{0,0159}{0,5470 - 1}$$

$$y_{agota} = 0,0159$$

**Tabla 18-3:**Datos para la recta de agotamiento

$X_{agotamiento}$	$Y_{agotamiento}$
0,0159	0,0159
-0,038	0,081

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

- Número de platos

Según el método gráfico tenemos dos de platos teóricos.

$$\#Platos_{real} = \frac{\#Platos_{Teoricos}}{Eficiencia}$$

$$\#Platos_{real} = \frac{2}{0,2324}$$

$$\#Platos_{real} = 9$$

**Tabla 19-3:**Datos para la eficiencia del proceso

Presiones de vapor del etanol ( $P^{\circ}C_5H_5OH$ )	Presiones de vapor del agua ( $P^{\circ}H_2O$ )	Viscosidad del etanol ( $\mu C_5H_5OH$ )	Viscosidad del agua ( $\mu H_2O$ )
677,8 mmHg	289,1 mmHg	0,49cp	0,4 cp

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

- Volatilidad relativa del alcohol

$$\alpha = \frac{P^{\circ}C_5H_5OH}{P^{\circ}H_2O}$$

$$\alpha = \frac{677,8 \text{ mmHg}}{289,1 \text{ mmHg}}$$

$$\alpha = 2,34$$

- Viscosidad media del mosto fermentado

$$\mu_F = \mu C_5H_5OH \times X_F + \mu H_2O \times (1 - X_F)$$

$$\mu_F = 0,49 \times 0,0215 + 0,4 \times (1 - 0,0215)$$

$$\mu_F = 0,4019$$

- Densidad del vapor

$$\rho_V = \frac{PM_{etanol} \times 273}{22,4 \times (273 + T_{ebullición \text{ del etanol}})}$$

$$\rho_V = \frac{46,07 \times 273}{22,4 \times (273 + 78,2)}$$

$$\rho_V = 1,5996 \frac{Kg}{m^3}$$

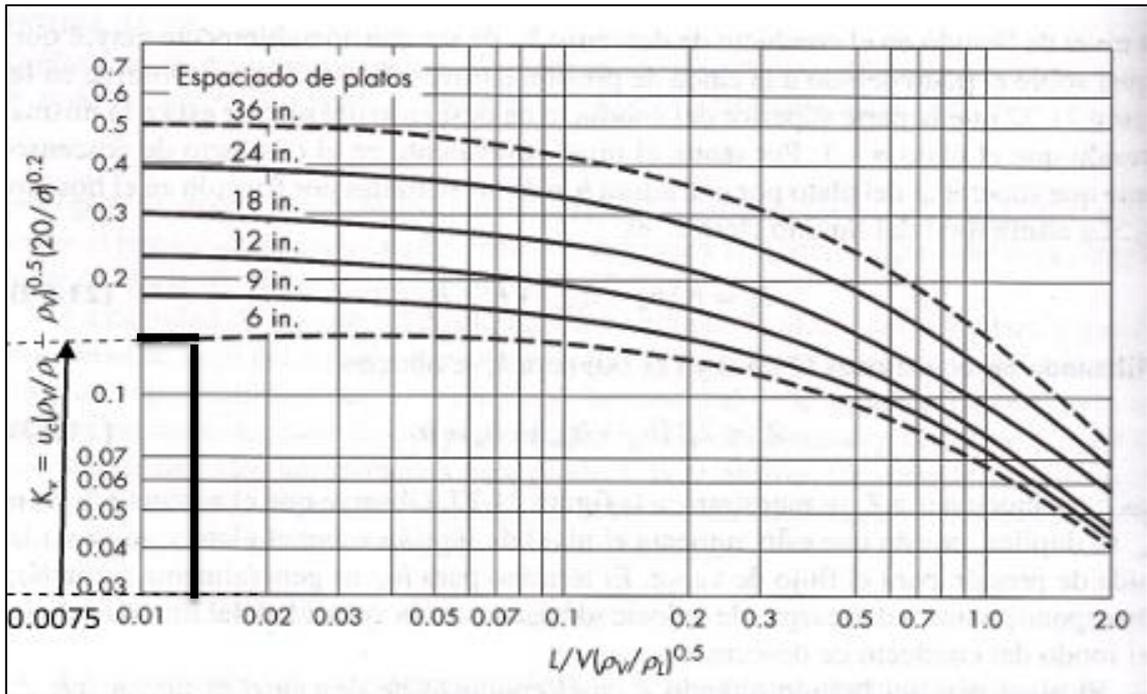
- Cálculo del coeficiente k

$$\frac{n_{LR}}{n_V} \times \left( \frac{\rho_V}{\rho_{etanol}} \right)^{1/2}$$

Dónde:

$\rho_V$  = densidad del vapor

$$\frac{0,40236}{1,74356} \times \left( \frac{1,5996}{789} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,01039$$



**Ilustración 37-3:** Determinación de K

Fuente: Bonilla y Alvarez, 2011.

Utilizando el valor 0,01039 y la distancia de 6 in, debido a que tenemos 9 platos y para obtener un buen rendimiento se obtiene una distancia un valor de  $k = 0,15$

- Velocidad de los vapores

$$v = k \times \sqrt{\frac{\rho_{etanol} - \rho_V}{\rho_V} \times \frac{\sigma}{20}}$$

$$v = 0,15 \times \sqrt{\frac{789 - 1,5996}{1,5996} \times \frac{20,6}{20}}$$

$$v = 3,3775 \text{ m/s}$$

- Diámetro de la columna de destilación

$$\phi_{column} = \sqrt{\frac{4 \times n_V \times (273 + T_{mv}) \times 760}{\pi \times v \times 3600 \times P}}$$

$$\phi_{column} = \sqrt{\frac{4 \times 5,9682 \times (273 + 95) \times 760}{\pi \times 3,3775 \times 3600 \times 760}}$$

$$\phi_{column} = 0,4795 \text{ m}$$

Dónde:

$\mu$  = velocidad del vapor

$T_{mv}$  = temperatura media del vapor

$n_V$  = flujo molar del vapor por hora

$P$  = presión absoluta media

- Altura de la columna

$$h_{column} = \#platos_{reales} * distancia \ de \ platos$$

$$h_{column} = 9 * 6in * \frac{0,0254m}{1in}$$

$$h_{column} = 1,3716 \text{ m}$$

- Altura total de la columna

$$h_{Total \ column} = h_{column} + distancia \ entre \ el \ primer \ y \ ultimo \ plato$$

$$h_{Total \ column} = 1,3716 + 0,1524$$

$$h_{Total \ column} = 1,524 \text{ m}$$

- Diámetro del serpentín del condensador

$$\phi_S = \frac{3}{8} in * \frac{0,0254 \text{ m}}{1 in}$$

$$\phi_S = 0,0095 \text{ m}$$

- Longitud del serpentín del condensador

$$L_S = \pi * \phi_S$$

$$L_S = \pi * 0,0095 \text{ m}$$

$$L_s = 0,0299 \text{ m}$$

- Longitud que va a ocupar el serpentín

Se estima que el serpentín tendrá una altura de 0,60m y un ancho 0,50m, el serpentín vendrá separado del fondo en una relación  $\frac{E}{D_T} = \frac{1}{4}$

$$E = \frac{D_T}{4}$$

$$E = \frac{0,50\text{m}}{4}$$

$$E = 0,125\text{m}$$

$$L_{sc} = 0,50 - 0,125$$

$$L_{sc} = 0,375\text{m}$$

La longitud que va a ocupar el serpentín es 0,375m

- Número de vueltas

$$\#vueltas = \frac{L_{sc}}{\phi_{sc}}$$

$$\#vueltas = \frac{0,375\text{m}}{0,0095}$$

$$\#vueltas = 39,47$$

- Longitud total del serpentín

$$L_{TS} = L_s * \#de vueltas$$

$$L_{TS} = 0,0299\text{m} * 39,47$$

$$L_{TS} = 1,1801\text{m}$$

### 3.9.5. *Tanque de almacenamiento*

El tanque de almacenamiento tiene las medidas para una producción de 2 lotes de 180L de etanol, pero al hacer la dilución del producto se espera tener 210 L de vodka por lote.

- Volumen del tanque de almacenamiento

$$V_{TAL} = V_V \times f_s$$

$$V_{TAL} = 0,210 \frac{m^3}{lote} \times 1,15$$

$$V_{TAL} = 0,2415 \frac{m^3}{lote}$$

Dónde:

$V_v$ = volumen del vodka

$f_s$ =factor de seguridad al 15%

- Diámetro interno del tanque de almacenamiento

$$\phi_{TAL} = \sqrt[3]{\frac{3 \times V_{TAL}}{4\pi}} \times 2$$

$$\phi_{TAL} = \sqrt[3]{\frac{3 \times 0,2415 m^3}{4\pi}} \times 2$$

$$\phi_{TAL} = 0,7726 m$$

Dónde:

$V_{TAL}$ : Volumen del tanque de almacenamiento

- Altura del tanque de almacenamiento

$$h_{TF} = \frac{V_{TAL}}{\pi r^2}$$

$$h_{TF} = \frac{0,2415 m^3}{\pi \times \left(\frac{0,7726}{2}\right)^2}$$

$$h_{TF} = 0,5151 m$$

Dónde:

$V_{TAL}$ = Volumen del tanque de almacenamiento

$r$ = radio interno del tanque de almacenamiento

### 3.10. Análisis de costo-beneficio para la producción industrial de vodka

#### 3.10.1. Inversión fija

**Tabla 20-3:** Costos de inversión fija de la empresa

<b>MAQUINARIAS Y EQUIPOS NECESARIOS PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE VODKA</b>
---

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Tanque con agitador de paletas	2	4.000,00	8.000,00
Tanque con agitador de marco y ancla	1	3.500,00	3.500,00
Filtro	2	400,00	800,00
Tanque de almacenamiento	1	5.000,00	5.000,00
Destilador	1	6.600,00	6.600,00
Marmita enchaquetada con agitador	1	4.000,00	4.000,00
Envasado y etiquetado	1	6.000,00	6.000,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>33.900,00</b>
<b>INVERSIÓN DE RECURSOS HUMANOS PARA ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>			
Mano de obra para la instalación de equipos		650,00	650,00
Mano de obra para la instalación de infraestructura		700,00	700,00
Capacitaciones a los socios y trabajadores		350,00	350,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>1.700,00</b>
<b>ADECUACIÓN DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>			
Infraestructura		2.000,00	2.000,00
Terreno		6.000,00	6.000,00
Implementación de servicios básicos (agua, luz, internet, etc)		4.500,00	4.500,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>12.500,00</b>

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

**Tabla 21-3:** Costos totales de inversión fija de la empresa

INVERSIÓN	COSTO (\$)
Maquinarias y equipos necesarios para el área de producción de vodka	33.900,00
Inversión de recursos humanos para área de producción	1.700,00
Adecuación del área de producción	12.500,00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>48.100,00</b>
Imprevisto (5%)	2.405,00
<b>TOTAL</b>	<b>50.505,00</b>

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

### 3.10.2. Egresos

**Tabla 22-3:** Costos de egresos para la producción de vodka por lote

MATERIALES E INSUMOS	VALOR POR PRESENTACIÓN	VALOR UNITARIO (\$)	CANTIDAD REQUERIDA	VALOR TOTAL (\$)
----------------------	------------------------	---------------------	--------------------	------------------

Malta extra pale ale	\$17,50 por 5 kg	3,50	39,6 kg	138,6
Almidón	\$1,30 por 454g	0,002863	39600g	113,3748
Levadura turbo yeast	\$30 por 180 g	0,1666	316,8 g	52,77888
Agua de botellón	\$2,25 por 20 L	0,1125	316,8 L	35,64
Agua destilada	\$3,50 por galón	3,50	42 galones	147,00
Ácido cítrico	\$2,75 por 50 g	0,0875	360 g	19,80
Lugol	\$1,50 por frasco	1,50	3 frasco	4,50
Frasco de vidrio	\$ 0,90 por 1 L	0,90	420	336,00
Etiquetas	\$ 0,10 por envase	0,10	420	42,00
<b>TOTAL SEMANAL</b>				<b>\$901,39</b>
<b>TOTAL MENSUAL</b>				<b>\$3.906,04</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>				<b>\$46.872,47</b>

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

**Tabla 23-3:** Costos de servicios básicos

SERVICIO BÁSICO	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)
Agua potable	60,00	720,00
Energía eléctrica	40,00	480,00
Telefonía	30,00	360,00
Internet	25,00	300,00
<b>TOTAL</b>		<b>1.860,00</b>

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

**Tabla 24-3:** Costos de mano de obra directa

PERSONAL	CANTIDAD	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)
Operario	3	1.500,00	18.000,00
Técnico de laboratorio	1	700,00	8.400,00
<b>TOTAL</b>			<b>26.400,00</b>

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

**Tabla 25-3:** Total de egresos anual

DESCRIPCIÓN	COSTO ANUAL (\$)
Materiales e insumos	46.872,47
Servicios básicos	1.860,00
Mano de obra directa	26.400,00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>75.132,47</b>
Imprevistos (5%)	3.756,6236
<b>TOTAL</b>	<b>78.889,095</b>

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

### 3.10.3. Costos de inversión fija y egresos

**Tabla 26-3:** Total de la inversión fija y egresos

DESCRIPCIÓN	VALOR (\$)
Inversión fija	50.505,00
Egresos	78.889,095
<b>TOTAL</b>	<b>129.394,09</b>

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

### 3.10.4. Ingresos anuales

La producción que la Empresa Primicia esperara producir 2 lotes de 180 L por semana, teniendo a la semana 360 L de etanol y haciendo la estandarización del producto se espera tener 420 L por semana de vodka y al mes 1740 L de vodka y esperando una utilidad de ganancia deseada de 13%.

#### 3.10.4.1. Costos de producción por unidad

$$CP = \frac{\text{Inversión fija} + \text{Egresos anual}}{\# \text{ unidades producidas} * \text{días de producción mensual} * \text{meses totales}}$$

$$CP = \frac{50.505,00 + 78.889,0949}{60 * 30 * 12}$$

$$CP = 5,99$$

#### 3.10.4.2. Precio de venta unitario al público

$$PVP = CP \times \left( \frac{100}{100 - U} \right)$$

$$PVP = 5,99 \times \left( \frac{100}{100 - 13} \right)$$

$$PVP = 6,885$$

**Tabla 27-3:** Ingresos anuales

PRODUCCIÓN ANUAL (LT)	COSTOS DE PRODUCCIÓN POR UNIDAD (\$)	COSTOS DE PRODUCCIÓN ANUAL (\$)	PVP (\$)	INGRESOS ANUALES (\$)
18720	5,99	112.141,549	6,885	128.898,332

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

### 3.10.5. Valor actual neto (VAN)

El VAN nos permite determinar la viabilidad del proyecto, pero para ello debemos tomar en cuenta los siguientes criterios:

$VAN < 0$ : Proyecto no viable, se generan pérdidas.

$VAN > 0$ : Proyecto viable, puede generar beneficios o ganancias.

$VAN = 0$ : Proyecto de inversión insignificante, puede generar pérdidas o ganancias.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

$$F_t = I_t - P_t$$

Dónde:

$I_0$ =Inversión en el momento inicial

$n$  =Duración en años

$t$  =intervalo de tiempo

$F_t$  =Flujo de caja

$I_t$  =Ingresos en un momento dado  $t$

$P_t$  =Pagos en un momento dado  $t$

$i$  =Cálculo del tipo de descuento %

**Tabla 28-3:** Datos para el cálculo del valor actual neto

<b>PERIODO INICIAL</b>					0
<b>INVERSIÓN FIJA (\$)</b>					50.505,00
<b>TASA DE DESCUENTO (i)</b>					10%
<b>TIEMPO (AÑOS)</b>	<b>INGRESOS (\$)</b>	<b>EGRESOS (\$)</b>	<b>FLUJO DE CAJA (\$)</b>	$\frac{F_t}{(1+i)^t}$	
<b>1</b>	128898,3321	78889,09493	50009,23718	45462,94289	
<b>2</b>	128898,3321	78889,09493	50009,23718	41329,94809	
<b>3</b>	128898,3321	78889,09493	50009,23718	37572,68008	
<b>4</b>	128898,3321	78889,09493	50009,23718	34156,98189	
<b>5</b>	128898,3321	78889,09493	50009,23718	31051,80172	

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

$$VAN = -50.505,00 + 45.462,94 + 41.329,94 + 37.572,68 + 34.156,98 + 31.051,80$$

$$VAN = 189.574,355$$

### 3.10.6. Tasa de retorno interno (TIR)

Es la tasa de rentabilidad que presenta el proyecto es decir ganancias o pérdidas, para ello se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

$TIR > i$ : La tasa de rendimiento es mayor a la tasa mínima de rentabilidad, la inversión en el proyecto es viable.

$TIR < i$ : La tasa de rendimiento tiene una baja rentabilidad, por lo que la inversión en el proyecto es rechazada

$TIR = 0$ : La inversión en el proyecto se debería llevar a cabo en caso de mejorar el enfoque competitivo.

Para realizar el cálculo de TIR se utilizó Excel con la función: =TIR (valores; [estimar]). Teniendo como resultado 96%. Lo que quiere decir que, si es rentable el proyecto debido a que es mayor que la tasa de rentabilidad, por ellos si habrá ganancias.

### 3.10.7. Periodo de recuperación (PDR)

El PDR nos ayuda a conocer el tiempo en que se recuperará la inversión inicial y cuando comenzaremos a ver ganancias. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$PDR = \text{Último período acumulado negativo} + \frac{\text{Último flujo acumulado negativo}}{\text{Flujo de caja del año siguiente}}$$

**Tabla 29-3:** Cálculo del periodo de recuperación

PERÍODO (AÑO)	FLUJO DE CAJA	FLUJO ACUMULADO
0	-50505	-50505
1	50009,23718	-495,7628158
2	50009,23718	49513,47437
3	50009,23718	99522,71155
4	50009,23718	149531,9487
5	50009,23718	199541,1859

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

$$PDR = 1 + \frac{-495,762816}{49.513,4744}$$

$$PDR = 11,8 \text{ meses}$$

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Extracción del almidón

##### 4.1.1. Rendimiento del almidón de papa

**Tabla 1-4:** Resultados del rendimiento del almidón de la papa Cecilia

CANTIDAD DE PAPA UTILIZADA (g)	CANTIDAD DE ALMIDÓN OBTENIDO (g)	RENDIMIENTO DEL ALMIDÓN EN SU EXTRACCIÓN (%)
1360,78	210	15,4

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

Obtener un valor de rendimiento mayor al 12% se considera aceptable (Oña, 2020; citado en Erazo, 2022, pp.64-66). De igual manera el rendimiento que tenga el almidón va a depender del contenido de almidón y materia seca que exista en la papa. Se recomienda extraer el almidón enseguida se coseche puesto que el almidón inicia el proceso de hidrólisis después de ser cosechada la papa y a medida que va madurando el fruto se va reduciendo el almidón (Zárate et al., 2014; citado en Erazo, 2022, pp.64-66).

##### 4.1.2. Análisis organolépticos del almidón

**Tabla 2-4:** Resultados del análisis organoléptico del almidón

PARÁMETRO	ALMIDÓN DE PAPA CECILIA
Color	Blanquecino
Olor	Inoloro
Aspecto	Fino homogéneo

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

##### 4.1.2. Resultados de la caracterización del almidón de papa Cecilia

**Tabla 3-4:** Resultados de la caracterización del almidón bajo la normativa NTE INEN 1459

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO	MÉTODO DE ENSAYO
------------	--------	--------	--------	--	------------------

Solubilidad		Debe cumplir el ensayo		Se cumplió el ensayo	INEN 1456
pH de una solución 2g/100 cm <sup>3</sup> , a 25 °C		5,0	7,0	6,19	INEN 1456
Substancias reductoras en maltosa (reactivo de Fehling)	g/100g		0,7	0,5	INEN 1456
Residuo por calcinación	g/100g		0,4	0,158	INEN 1456
Sensibilidad		Debe cumplir el ensayo		Se cumplió el ensayo	INEN 1456

Fuente: (REACTIVOS PARA ANALISIS. ALMIDON SOLUBLE (C6 H10 O5) n. (PARA IODOMETRIA). REQUISITOS, 1986)

Realizado por: Reyes, Kristy,2023

La caracterización del almidón se realizó en la ESPOCH, facultad de ciencias en el laboratorio de investigación, donde se puede observar que el almidón que se extrajo de la papa Cecilia si cumple con los parámetros de la normativa NTE INEN 1459.

#### 4.1.3. Resultados de examen bacteriológico del almidón

**Tabla 4-4:** Resultados del examen bacteriológico del almidón de papa Cecilia

DETERMINACIONES	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA	RESULTADOS
Coliformes totales	UFC/g	-	<10
Mohos y levaduras	UFC/g	5x10 <sup>3</sup>	110

Realizado por: Reyes, Kristy,2023

#### 4.2. Balance de masa y energía

**Tabla 5-4:** Resultados del balance de masa de la extracción de almidón de papa Cecilia

ETAPAS	ENTRADA (g)	SALIDA (g)	RENDIMIENTO %
Lavado	1500	1500	100
Clasificado y lavado	1500	1360,78	90,71
Sedimentación	1360,78	433	31,82
Secado	433	230	53,12
Triturado	230	210	91,30

Realizado por: Reyes, Kristy,2023

**Tabla 6-4:** Resultados del balance de masa del mosto fermentado

ETAPAS	ENTRADA (kg)	SALIDA (kg)	RENDIMIENTO %
--------	--------------	-------------	---------------

Agitación y calentamiento del almidón	4,125	3,80	92,12
Agitación y calentamiento de la malta	4,125	3,50	84,84
Hidrólisis de la mezcla	7,30	6,645	91,02
Filtrado de la mezcla	6,645	5,501	82,78
Esterilización	5,501	4,501	81,82
Enfriamiento de la mezcla	4,501	4,501	100
Fermentación	4,505	4,505	100
Filtrado del mosto	4,505	4,500	99,88

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

El rendimiento se ve afectado debido al tiempo que tiene que estar cada mezcla a fuego, lo que causa que exista evaporación y se vaya perdiendo cantidad de la mezcla.

**Tabla 7-4:** Resultados del balance de energía del secado de almidón de papa Cecilia

PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
Calor sensible para el almidón	167,265	kJ/kg
Calor suministrado	2424,265	kJ/kg
Capacidad calorífica del almidón	24,752	kJ/kg °C
Calor ganado	227,7	kJ
Entalpía del almidón	990,08	kJ/kg
Calor requerido para evaporar el agua del almidón de papa	458,171	kJ/kg
Calor total en el secado	685,871	kJ

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

**Tabla 8-4:** Resultados del balance de energía de la destilación

PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
Calor absorbido en el condensador	1129,78	kJ/kg
Calor suministrado por la estufa	1104,751	kJ/kg

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

#### 4.3. Dimensiones de los equipos

Para las dimensiones de cada equipo se tomó en cuenta la producción que tendrá la Empresa Primicia, la cual es de 2 lotes 180 litros por semana.

**Tabla 9-4:** Resultados de las dimensiones de los equipos

PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
<b>Tanque con agitador de marco y ancla para la mezcla almidón/agua</b>		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen del tanque de agitación almidón/ agua	0,11385	m <sup>3</sup>
Diámetro interno del tanque de agitación almidón/ agua	0,601	m
Altura del tanque de agitación almidón/ agua	0,4013	m
Área de transferencia de calor	1,325	m <sup>2</sup>
Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,4614	m
Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,69115	m
Longitud del brazo del sistema de agitación	0,3756	m
Diámetro del agitador	0,03756	m
Diámetro del rodete	0,4507	m
Distancia entre el fondo del tanque y el rodete	0,0257	m
Altura de la paleta	0,075	m
Distancia entre rejillas	0,0939	m
<b>Tanque con agitador tipo paletas para la mezcla malta/agua</b>		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen del tanque de agitación malta/agua	0,11385	m <sup>3</sup>
Diámetro interno del tanque de agitación malta/agua	0,601	m
Altura del tanque de agitación malta/agua	0,4013	m
Área de transferencia de calor	1,325	m <sup>2</sup>
Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,4614	m
Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,69115	m
Longitud del brazo del sistema de agitación	0,3756	m
Diámetro del agitador	0,1252	m
Ancho de la hoja del impulsor	0,0208	m
Distancia del impulsor con respecto al fondo del tanque de agitación	0,0257	m
Longitud de las paletas del impulsor	0,0225	m
Distancia entre paletas	0,40	m
Potencia	22	KW
<b>Tanque con agitador tipo paletas para la hidrólisis de la mezcla</b>		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen del tanque de hidrólisis	0,2277	m <sup>3</sup>
Diámetro interno del tanque de hidrólisis	0,7576	m
Altura del tanque de hidrólisis	0,5051	m
Área de transferencia de calor	2,1037	m <sup>2</sup>
Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,5808	m
Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,8712	m
Diámetro del impulsor del tanque de hidrólisis	0,2525	m
Ancho de la hoja del impulsor	0,042	m
Longitud del brazo del sistema de agitación	0,4735	
Distancia del impulsor con respecto al fondo del tanque de hidrólisis	0,0316	m
Longitud de las paletas del impulsor	0,0631	m

Distancia entre paletas	0,5050	m
Potencia	22	KW
<b>Filtro</b>		
Material	SS304/316L	
Malla	Malla de Metal perforado Placa de alambre de cuña	
Luz de malla	4	µm
Presión	16	bares
Tamaño	DN25-DN100	
Conexión	Soldadura, sujeción, roscado, brida	
Estándar	3A DIN SMS ISO/FDI RJT	
Junta	De silicona de caucho EPDM PTFE	
Temperatura máxima	120 / 248	°C /°F
Material de sellado	EP0DM if FPM	
<b>Marmita enchaquetada con agitador</b>		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen de la marmita	0,2277	m <sup>3</sup>
Diámetro interno de la marmita	0,60547	m
Diámetro externo de la marmita	0,60847	m
Altura de la marmita	0,7265	m
Área de transferencia de calor	1,1516	m <sup>2</sup>
Altura de la chaqueta	0,8354	m
Diámetro de la chaqueta	0,6963	m
Longitud del agitador	0,6236	m
Espesor del agitador	0,06236	m
Diámetro del agitador	0,2018	m
Distancia entre el fondo del tanque y agitador	0,0405	m
<b>Equipo de destilación</b>		
Numero de modelo	HL	
Material	SUS304/de cobre rojo	
Capacidad	200 lt	
Concentración del alcohol	Máximo 96%	
Método de calefacción	Vapor/eléctrico/ de fuego directo	
Componentes	Torre de destilación, olla, condensador	
Voltaje	220V/380V 50/60Hz	
Energía	0-80	KW
Número de platos	9	
Diámetro de la columna de destilación	0,4795	<i>m</i>
Altura total de la columna	1,524	<i>m</i>
Diámetro del serpentín del condensador	0,0095	<i>m</i>
Longitud del serpentín del condensador	0,0299	<i>m</i>
Número de vueltas del serpentín	39,47	
Longitud total del serpentín	1,1801	<i>m</i>

Tanque de almacenamiento		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen del tanque	0,2415	m <sup>3</sup>
Diámetro interno del tanque	0,7726	m
Altura del tanque	0,5151	m

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

#### 4.4. Resultado del análisis de costo-beneficio para la producción industrial de vodka

En el análisis costo- beneficio se tomó en cuenta la inversión fija necesaria para la producción de vodka la cual tuvo un valor de \$ 50.505,00, de la misma forma se calculó los egresos para una producción semanal de 360 litros (2 lotes de 180 litros) teniendo como resultado un valor de \$78.889,09 este valor incluye: materiales e insumos, mano de obra y servicios básicos. Con estos datos nos arrojó un costo de producción de \$ 5,99 y un precio de venta al público de \$6,88, con estos datos obtuvimos los ingresos anuales que es de \$128.898,332. Finalmente se desea conocer si existirá ganancias en la producción de este producto por ello se calculó el VAN y TIR, teniendo un valor de: 189.574,355 y 96%, respectivamente. De igual forma calculamos el PDR que fue de 11 meses.

#### 4.5. Obtención del vodka

##### 4.5.1. Resultados de las destilaciones

**Tabla 10-4:** Resultados de las destilaciones con sus rendimientos

DESTILACIÓN	ENTRADA	SALIDA	RESIDUO	RENDIMIENTO (%)
Primera	4500 ml a 6,6 ° GL	1046 ml a 30°GL	3454ml	23,24
Segunda	1046 ml a 30°GL	600 ml a 50°GL	446 ml	57,36
Tercera	600 ml a 50°GL	400 ml a 64 ° GL	200 ml	66,67

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

Los resultados de las destilaciones son del equipo de destilación que actualmente tiene la Empresa Primicia, dicho equipo funciona por destilación simple y podemos observar que usando el equipo tenemos un rendimiento de 66,67% pero en la última destilación.

##### 4.5.2. Producto final

Para hacer la estandarización y obtener el producto final (vodka) se utiliza la fórmula  $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$ , los resultados se detallan a continuación:

**Tabla 11-4:** Cantidad de producto obtenido

CANTIDAD OBTENIDA DE LA TERCERA DESTILACIÓN (ml)	GRADO ALCOHÓLICO DE LA TERCERA DESTILACIÓN (° GL)	CANTIDAD REQUERIDA DE AGUA DESTILADA (ml)	PRODUCTO FINAL (ml)	GRADO ALCOHÓLICO DEL PRODUCTO FINAL (° GL)
400	64	240	640	40

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

#### 4.5.3. Comparación de PVP del vodka obtenido con vodka comercial

**Tabla 12-4:** Comparación del precio del vodka obtenido con algunos vodkas comercial

VODKA OBTENIDO (\$)	CANTIDAD (L)	VODKA COMERCIAL	CANTIDAD (ml)	PRECIO (\$)
6,88	1	Russkaya	700	10,89
		Romanosky	700	6,05
		Russok	1000	5,10
		Smirnoff	700	16,80
		Absolut Vodka	750	26

Realizado por: Reyes, Kristy, 2023

Los precios de cada vodka varia demasiado esto se debe a que algunos tienen doble o triple destilaciones, pero a comparación del precio del vodka obtenido por la Empresa Primicia si es un precio aceptable.

#### 4.5.4. Resultados de la caracterización del vodka bajo la Normativa NTE INEN 369

**Tabla 13-4:** Comparación del análisis obtenido del vodka con la normativa NTE INEN 369

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	RESULTADOS OBTENIDOS	MÉTODO DE ENSAYO
Alcohol, fracción volumétrica	%	37,5	-	40	NTE INEN 340
Metanol	mg/100 cm <sup>3</sup> *	-	1,5	0,20	NTE INEN 2014

Furfural	mg/100 cm <sup>3</sup> *	-	0,0	<0,01	NTE 2014	INEN
Alcoholes superiores **	mg/100 cm <sup>3</sup> *	-	0,7	0,7	NTE 2014	INEN
*El volumen de 100 cm <sup>3</sup> corresponde al alcohol absoluto						
**Alcoholes superiores comprenden: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamílico, amílico.						

**Fuente:** (NTE INEN 369: BEBIDAS ALCOHÓLICAS. VODKA. REQUISITOS, 2016)

**Realizado por:** Reyes, Kristy, 2023

El vodka obtenido por la Empresa Primicia si cumple con los requisitos de la normativa NTE INEN 369 por lo cual si es viable realizar la obtención de vodka a partir de papa Cecilia.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- Se obtuvo el almidón de papa Cecilia para ello se utilizó 1360,78 g de papa, de la cual se extrajo 210 g de almidón. De estos resultados se obtuvo 15,4% de rendimiento, considerándose aceptables valores mayores al 12%.
- La caracterización fisicoquímica del almidón bajo la normativa NTE INEN 1456:1986, arrojó los siguientes resultados: 6,19 de pH, 0,5 de sustancias reductoras, 0,158 residuo por calcinación, solubilidad y sensibilidad se cumplió el ensayo.
- Como variables de diseño para este proceso se obtuvieron los siguientes resultados: para la gelatinización del almidón y activación de la malta se debe hacer a una  $T=70^{\circ}\text{C}$ ,  $t=2$  horas a un pH entre 5-5,9; para la eliminación del DMS ( sulfuro de dimetilo) se debe hacer a  $T=100^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora; en la inoculación de la levadura se debe tomar una muestra a una temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$  durante 2 horas y un pH entre 4-4,5; la fermentación debe hacer a  $22^{\circ}\text{C}$  durante 4 días y finalmente la destilación la cual debe realizarse a  $72^{\circ}\text{C}$  (T. de ebullición del etanol) a una presión de 600 mmHg.
- Se diseñó el proceso productivo para ello se tomó en cuenta las especificaciones de los equipos que se necesitan para la producción de 2 lotes de 180 litros que se producirán cada semana, los equipos a utilizar son: un tanque con agitador de paletas para la mezcla malta/agua con una capacidad de  $0,11385\text{ m}^3$  ; dos tanques con agitador de marco y ancla, el primer tanque con una capacidad de  $0,11385\text{ m}^3$  y el segundo con una capacidad de  $0,2277\text{ m}^3$  ; dos filtros para la mezcla después de la hidrólisis y después de la fermentación; marmita enchaquetada con agitador con una capacidad de  $0,2277\text{ m}^3$ ; tanque de almacenamiento con una capacidad de  $0,2415\text{ m}^3$ ; el destilador con: concentración de alcohol máximos 96%, método de calefacción eléctrico, como componentes tiene la columna de destilación, olla y condensador.
- Para la validación técnica del producto final (vodka) se realizó bajo la normativa NTE INEN 369, estos análisis se realizaron en el laboratorio Multianálityca S.A teniendo como resultados:  $40^{\circ}\text{GL}$ ,  $<0,01$  de furfural, 0,20 de metanol y 0,7 de alcoholes superiores. Para la validación económica se tiene una inversión fija de 50.505,00 y un periodo de recuperación de 11 meses.

## **RECOMENDACIONES**

- Controlar el pH al momento de colocar la levadura debido a que este tipo de levadura funciona a una temperatura y pH establecido.
- Verificar cuantos litros de mosto se va a fermentar para colocar la cantidad necesaria de levadura.
- Se recomienda la implementación del diseño que se propuso puesto que de esta manera existirá mayor producción y el rendimiento aumentará.
- Se recomienda la compra de un equipo de destilación con mayor capacidad y rendimiento.
- Hacer pruebas con otro tipo de tubérculos en combinación o solo.



**GUERRERO, Emilia y YÉPEZ, Andrea**, 2018. Elaboración de una Bebida Alcohólica Destilada a partir de Yuca (Manihot esculenta) y Zanahoria Blanca (Arracacia xanthorrhiza) . Online. 9 mayo 2018. [Accedido 29 octubre 2022]. Recuperado a partir de: moz-extension://5dcb3afe-0825-4c87-93e1-13d87bf24b15/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Frepositorio.usfq.edu.ec%2Fbitstream%2F23000%2F7471%2F1%2F138951.pdf

**HELMENSTINE, Anne**, 2020. What Is Distillation? Principles and Uses. *ThoughtCo*. Online. 2020. [Accedido 10 noviembre 2022]. Recuperado a partir de: <https://www.thoughtco.com/what-is-distillation-601964>

**MCKIRDY, Tim y GRINBERG, Danielle**, 2018. What Is Brix in Wine (And Beer)? . Online. 5 noviembre 2018. [Accedido 29 octubre 2022]. Recuperado a partir de: <https://vinepair.com/articles/what-brix-wine-beer-sugar/>

**MIRANDA, Bárbara y MOLINA, Manuel**, 2015. EVALUACIÓN DE FACTORES QUE PUEDEN INFLUIR EN EL PROCESO DE SACARIFICACIÓN-FERMENTACIÓN SIMULTÁNEAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MATERIALES AMILÁCEOS | Ingeniería. *Universidad de Costa Rica*. Online. 11 mayo 2015. [Accedido 29 octubre 2022]. Recuperado a partir de: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/14665/19682>

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1456:1986**, 2012. Online. [Accedido 30 octubre 2022]. Recuperado a partir de: [www.normalizacion.gob.ec%2Fbuzon%2Fnormas%2F1456.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec%2Fbuzon%2Fnormas%2F1456.pdf)

**NTE INEN 369: BEBIDAS ALCOHÓLICAS. VODKA. REQUISITOS**, 2016. . Quito.

**ORDÓÑEZ, Lilis**, 2022. Desarrollo de una bebida alcohólica destilada tipo (vodka) a partir de dos variedades de tubérculos, papa china (Colocasia esculenta) y oca (Oxalis tuberosa). Online. 2022. pp. 29-42. [Accedido 29 octubre 2022]. Recuperado a partir de: moz-extension://5dcb3afe-0825-4c87-93e1-13d87bf24b15/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fdspace.uazuay.edu.ec%2Fbitstream%2Fdatos%2F11671%2F1%2F17200.pdf

**PARRA, Joselyne**, 2019. *OBTENCIÓN DE BIOFILM A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza) Y DE CAMOTE (Ipomoea batatas) COMO*

*ALTERNATIVA AL USO DE MATERIAL PLÁSTICO DERIVADO DE PETRÓLEO*. Online. Riobamba: Espoch. [Accedido 30 octubre 2022]. Recuperado a partir de: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/13808/1/96T00573.pdf>

**RAY, Anderson**, 2004. *Attenuation . Beer & Brewing*. Online. 2004. [Accedido 29 octubre 2022]. Recuperado a partir de: <https://beerandbrewing.com/dictionary/UbMw8m3Pk5/>

**REACTIVOS PARA ANALISIS. ALMIDON SOLUBLE (C6 H10 O5) n. (PARA IODOMETRIA). REQUISITOS**, 1986. Online. [Accedido 15 diciembre 2022]. Recuperado a partir de: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1459.pdf>

**REYNA, L, ROBLES, R, REYES, M, MENDOZA, Y y ROMERO, J**, 2004. *HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DEL ALMIDÓN*. Técnicas de análisis, 2015. *Universidad Nacional Autónoma de México*. Online. [Accedido 29 octubre 2022]. Recuperado a partir de: [http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com\\_content&view=article&id=92&Itemid=94](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=92&Itemid=94)

**The Chemistry of Vodka – Structure, Additives, and Impurities – Compound Interest**, 2016. Online. [Accedido 26 octubre 2022]. Recuperado a partir de: <https://www.compoundchem.com/2016/06/08/vodka/>

**VACUUM DISTILLATION SIMPLIFIED** , 2022. *Artisan Spirit Magazine*. Online. [Accedido 10 noviembre 2022]. Recuperado a partir de: [https://issuu.com/artisanspiritmag/docs/artisanspirit\\_issue038\\_web/s/15542185](https://issuu.com/artisanspiritmag/docs/artisanspirit_issue038_web/s/15542185)

**VINCENT CORP**, 2007. *Measuring Brix* . Online. 22 agosto 2007. [Accedido 29 octubre 2022]. Recuperado a partir de: <https://vincentcorp.com/content/measuring-brix/>

**WIŚNIEWSKA, Paulina, ŚLIWIŃSKA, Magdalena, DYMERSKI, Tomasz, WARDENCKI, Waldemar y NAMIEŚNIK, Jacek**, 2015. *The Analysis of Vodka: A Review Paper* . . 29 septiembre 2015. Springer New York LLC.



## ANEXOS

### ANEXO A: CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

a)	b)	c)						
								
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA			CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA		
a) Pesado de la muestra de almidón b) Prueba de solubilidad c) Determinación de pH	<input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Información	<input type="radio"/> Preliminar <input type="radio"/> Por aprobar <input type="radio"/> Por calificar	DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Kristy Amahola Reyes Moya			PRIMA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA			
			1	1:1	2023/04/28			

d)



e)



f)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA		
d. Prueba de sensibilidad	<input type="checkbox"/> Aprobado	FACULTAD DE CIENCIAS	PRIMA		
e. Muestra para el residuo por calcinación	<input type="checkbox"/> Certificado	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
f. Resultado del residuo por calcinación	<input type="checkbox"/> Información	ELABORADO POR:			
	<input type="checkbox"/> Preliminar	Kristy Amahola Reyes Moya			
	<input type="checkbox"/> Por aprobar		1	1:1	2023/04/28
	<input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				

**ANEXO B: VODKA**

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	VODKA		
a) Destilación	o Aprobado	o Preliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	LÁMINA	ESCALA	FECHA
b) Primer destilado	o Certificado	o Por aprobar	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
c) Segundo destilado	o Información	o Por calificar	ELABORADO POR:			
			Kristy Amahola Reyes Moya			
				1	1:1	2023/04/28

d)



e)



NOTAS:

d) Tercer destilado

e) Estandarización del destilado

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <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 |

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

ELABORADO POR:

Kristy Amahola Reyes Moya

VODKA

LÁMINA

ESCALA

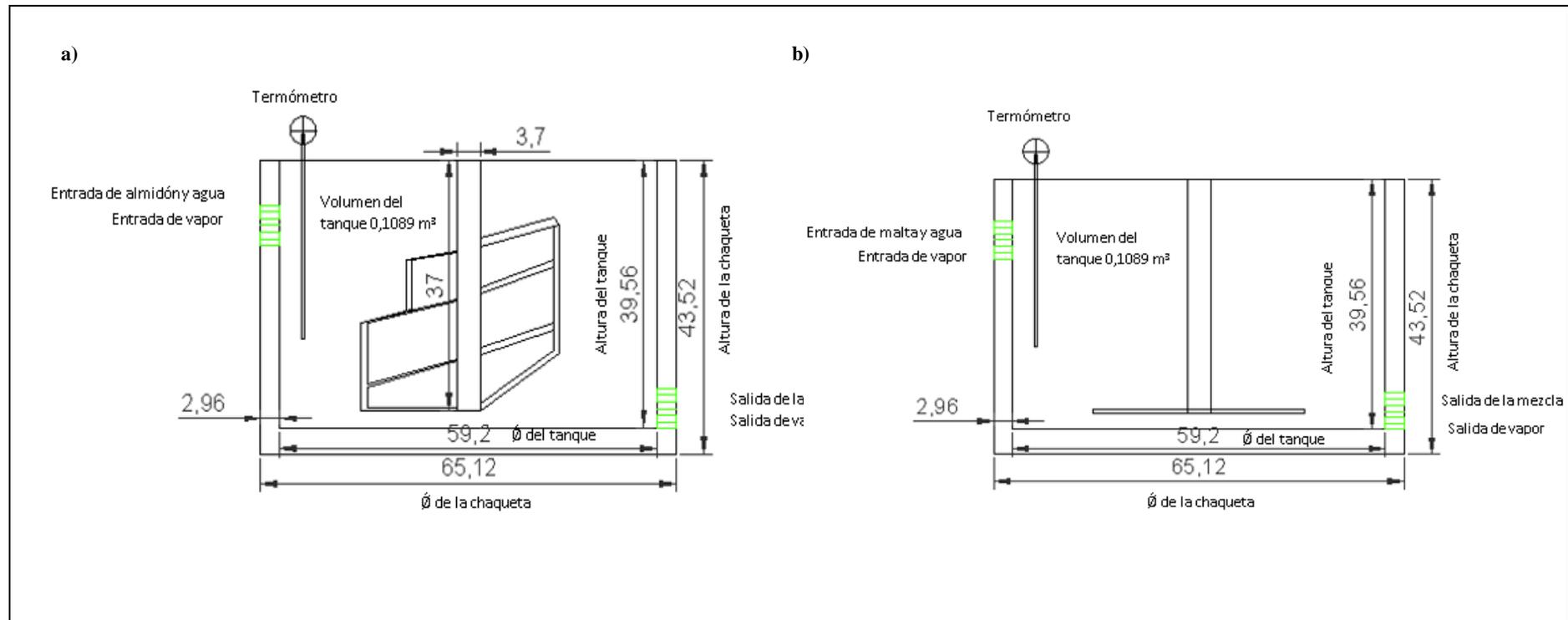
FECHA

1

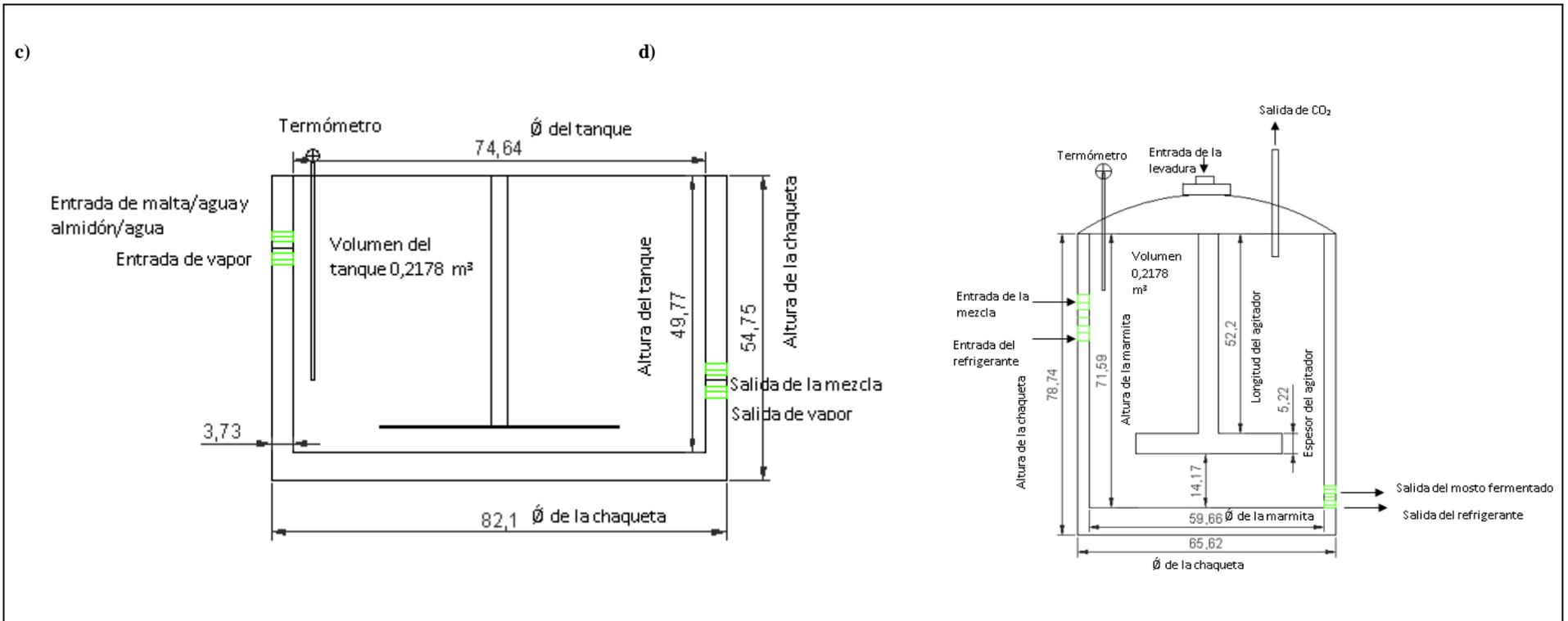
1:1

2023/04/28

## ANEXO C: DISEÑO DE LOS TANQUES

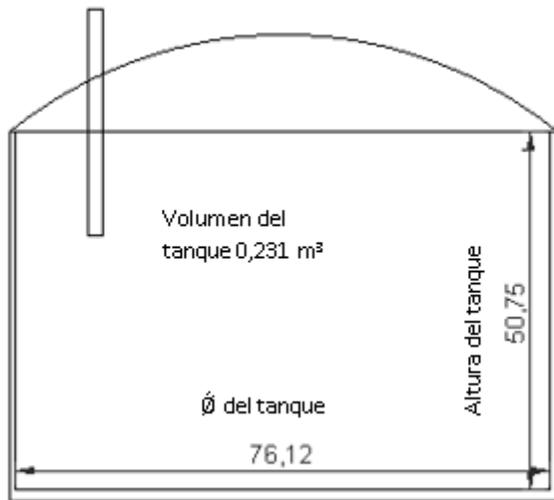


NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	DISEÑO DE LOS TANQUES		
a) Tanque con agitador de marco y ancla para la mezcla almidón/agua	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	LÁMINA	ESCALA	FECHA
b) Tanque con agitador de paletas para la mezcla malta y agua		ELABORADO POR: Kristy Amahola Reyes Moya	1	1:1	2023/04/28



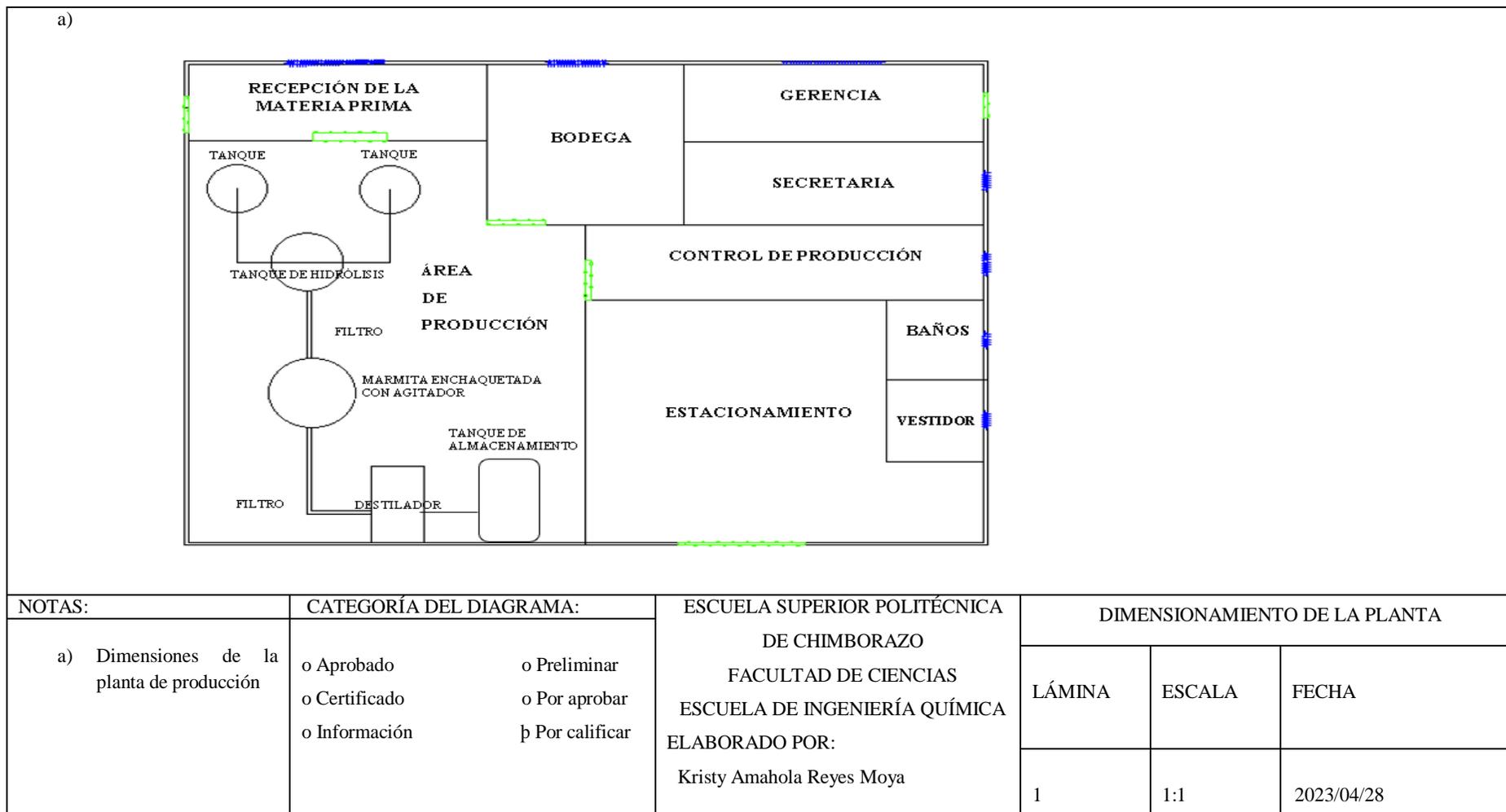
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  ELABORADO POR: Kristy Amahola Reyes Moya	DISEÑO DE LOS TANQUES		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
c) Tanque de la hidrólisis de la mezcla d) Marmita enchaquetada con agitador	<input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Información  <input type="radio"/> Preliminar <input type="radio"/> Por aprobar <input checked="" type="radio"/> Por calificar		1	1:1	2023/04/28

e)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Kristy Amahola Reyes Moya	DISEÑO DE LOS TANQUES		
e) Tanque de almacenamiento	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2023/04/28

## ANEXO D: DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA



## ANEXO E: ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL ALMIDÓN



### INFORME DE ANÁLISIS

CLIENTE: Señorita Kristy Reyes
UBICACION: Riobamba
TIPO DE MUESTRA: Almidón de papa Cecilia
FECHA DE ENTREGA: 24 de enero del 2023

### Examen Físico

COLOR: blanquecino
OLOR: inoloro
ASPECTO: muestra granular, fino homogéneo

### Examen Bacteriológico

Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	< 10
Mohos y Levaduras	UFC/g	$5 \times 10^3$	110

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid  
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322  
Saqmic Laboratorio  
Riobamba - Ecuador

saqmic

## ANEXO F: PROPIEDADES DE LÍQUIDOS, SÓLIDOS Y ALIMENTOS COMUNES

908 | Tablas de propiedades, figuras y diagramas (unidades SI)

**TABLA A-3**

Propiedades de líquidos, sólidos y alimentos comunes

a) Líquidos

Sustancia	Datos de ebullición a 1 atm		Datos de congelación		Propiedades de líquidos		
	Punto de ebullición normal, °C	Calor latente de vaporización $h_{fg}$ , kJ/kg	Punto de congelación, °C	Calor latente de fusión $h_{if}$ , kJ/kg	Temperatura, °C	Densidad $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Calor específico $c_p$ , kJ/kg · K
Aceite comestible (ligero)					25	910	1.80
Agua	100	2257	0.0	333.7	0	1000	4.22
					25	997	4.18
					50	988	4.18
					75	975	4.19
					100	958	4.22
Alcohol etílico	78.6	855	-156	108	20	789	2.84
Amoniaco	-33.3	1357	-77.7	322.4	-33.3	682	4.43
					-20	665	4.52
					0	639	4.60
					25	602	4.80
Argón	-185.9	161.6	-189.3	28	-185.6	1394	1.14
Benceno	80.2	394	5.5	126	20	879	1.72
<i>n</i> -Butano	-0.5	385.2	-138.5	80.3	-0.5	601	2.31
Dióxido de carbono	-78.4*	230.5 (a 0°C)	-56.6		0	298	0.59
Etanol	78.2	838.3	-114.2	109	25	783	2.46
Etilén glicol	198.1	800.1	-10.8	181.1	20	1109	2.84
Glicerina	179.9	974	18.9	200.6	20	1261	2.32
Helio	-268.9	22.8	—	—	-268.9	146.2	22.8
Hidrógeno	-252.8	445.7	-259.2	59.5	-252.8	70.7	10.0
Isobutano	-11.7	367.1	-160	105.7	-11.7	593.8	2.28
Mercurio	356.7	294.7	-38.9	11.4	25	13,560	0.139
Metano	-161.5	510.4	-182.2	58.4	-161.5	423	3.49
					-100	301	5.79
Metanol	64.5	1100	-97.7	99.2	25	787	2.55
Nitrógeno	-195.8	198.6	-210	25.3	-195.8	809	2.06
					-160	596	2.97
Octano	124.8	306.3	-57.5	180.7	20	703	2.10
Oxígeno	-183	212.7	-218.8	13.7	-183	1141	1.71
Petróleo	—	230-384	—	—	20	640	2.0
Propano	-42.1	427.8	-187.7	80.0	-42.1	581	2.25
					0	529	2.53
					50	449	3.13
Queroseno	204-293	251	-24.9	—	20	820	2.00
Refrigerante 134a	-26.1	217.0	-96.6	—	-50	1443	1.23
Salmuera (20% de cloruro de sodio a base másica)	103.9	—	-17.4	—	20	1150	3.11
					-26.1	1374	1.27
					0	1295	1.34
					25	1207	1.43

\* Temperatura de sublimación. (A presiones por debajo de la presión de punto triple de 518 kPa, el dióxido de carbono existe como un sólido o un gas. También, la temperatura de punto de congelamiento del dióxido de carbono es la temperatura de punto triple de -56.5°C.)

# ANEXO G:ANÁLISIS DEL VODKA



## INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-IN.64802a

### DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	REYES MOYA KRISTY AMAHOLA
Dirección:	AV. 11 DE NOVIEMBRE Y MILTON REYES
Teléfono:	0991155067

### DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Vodka a partir de papa Cecili		
Lote	----	Contenido Declarado:	250mL
Fecha de Elaboración:	---	Fecha de Vencimiento:	---
Fecha de Recepción:	2023-01-31	Hora de Recepción	14:21:26
Fecha de Análisis:	2023-02-02	Fecha de Emisión:	2023-02-07
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:	Al Ambiente
Temperatura de la muestra:	AMBIENTE		

### RESULTADOS INSTRUMENTAL

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA
GRADO ALCOHOLICO	40	°GL	MIN-06	NTE INEN 340:2016 (Método alcoholímetro vidrio)
*FURFURAL	<0.01	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	MIN-88	NTE INEN 2014:2015/CG-FID
*METANOL	0.20	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	MIN-24	NTE INEN 2014:2015/CG-FID
*ALCOHOLES SUPERIORES	0.7	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	MIN-87	NTE INEN 2014:2015/CG-FID

**Nota 1:** \*Los ensayos/ la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por LABPARREÑO, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

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 será 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.

Toda la información relacionada con datos del cliente e items de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

Quím. Mercedes Parra  
Jefe División Instrumental



JORGE ERAZO N50-109Y CAPITÁN CRISTOBAL SANDOVAL  
LA CONCEPCIÓN - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR  
Telf: (02) 330 0247, 226 9743, 244 4670 / email: informes@multianalityca.com



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 29 / 06 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Kristy Amahola Reyes Moya
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Química
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1050-DBRA-UPT-2023