



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCION
DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE
PAPA CHINA (*Colacasia esculenta*) PARA LA CERVECERÍA
NEFER”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: KLEVER STALYN YUMBLA CRESPO

DIRECTOR: ING. CESAR ARTURO PUENTE GUIJARRO

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Klever Stalyn Yumbra Crespo

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

Yo, KLEVER STALYN YUMBLA CRESPO, 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 autor 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, 04 de diciembre de 2023






Klever Stalyn Yumbla Crespo

030231033-9

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 DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE PAPA CHINA (*Colacasia esculenta*) PARA LA CERVECERÍA NEFER”**, realizado por el señor: **KLEVER STALYN YUMBLA CRESPO**, 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. Camilo Pavel Haro Barroso, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-04
Ing. César Arturo Puente Guijarro, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-04
Ing. Mónica Lilián Andrade Avalos, Mgs. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-04

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNOSTICO 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>	3

CAPITULO II

2.	MARCO TEÓRICO	4
2.1.	Antecedentes de la investigación	4
2.2.	Referencias teóricas	5
2.2.1.	<i>Generalidades de la papa china</i>	6
2.2.1.1.	<i>Composición de la papa china.....</i>	6
2.2.2.	<i>Almidón</i>	7
2.2.3.	<i>Enzimas</i>	7
2.2.4.	<i>Levaduras</i>	8
2.2.5.	<i>Bebidas alcohólicas</i>	8
2.2.6.	<i>Fermentación alcohólica</i>	8
2.2.7.	<i>Pruebas de análisis bebidas fermentadas</i>	9
2.2.7.1	<i>Grados brix</i>	9
2.2.7.2	<i>Densidad.....</i>	10
2.2.7.3	<i>Viscosidad</i>	10

2.2.7.4	<i>pH</i>	10
2.2.7.5	<i>Acidez</i>	10
2.2.8.	Destilación	11
2.2.9.	Hidrólisis	12
2.2.9.1	<i>Hidrólisis ácida</i>	12
2.2.9.2	<i>Hidrolisis enzimática</i>	12
2.2.10.	Vodka	13
2.2.10.1	<i>Hidratos de etanol</i>	13
2.2.10.2	<i>Impurezas</i>	13
2.2.10.3	<i>Aditivos</i>	13
2.2.10.4	<i>Sabor</i>	14
2.2.10.5	<i>Composición del vodka</i>	14
2.2.10.6	<i>Técnicas para analizar el vodka</i>	14

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	14
3.1	Localización del proyecto	14
3.1.1.	Implementación del proyecto	14
3.2.	Ingeniería del proyecto	15
3.2.1.	Caracterización de materia prima	15
3.2.2.	Procedimiento	17
3.2.2.1.	<i>Obtención del almidón de la papa china</i>	17
3.2.2.2.	<i>Elaboración del vodka</i>	18
3.2.2.3.	<i>Proceso de elaboración del vodka</i>	19
3.2.3.	Variables del proceso de obtención del vodka	22
3.2.4.	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria	22
3.2.4.1	<i>Maquinaria y materiales</i>	22
3.2.5.	Validación del Proceso	23
3.3.	Diseño de proceso de obtención de vodka a nivel industrial	25
3.4.	Balance de masa	26
3.4.1	Extracción del almidón	26
3.4.1.1	<i>Lavado</i>	26
3.4.1.2.	<i>Clasificado y pelado</i>	26
3.4.1.3.	<i>Sedimentación</i>	27
3.4.1.4.	<i>Secado</i>	28

3.4.1.5.	<i>Triturado</i>	28
3.4.2.	<i>Elaboración del vodka</i>	29
3.4.2.1	<i>Calentamiento del almidón</i>	29
3.4.2.2	<i>Agitación y calentamiento de la malta</i>	30
3.4.2.3	<i>Hidrolisis de la mezcla</i>	30
3.4.2.4	<i>Filtrado de la mezcla</i>	31
3.4.2.5	<i>Eliminación del DMS</i>	31
3.4.2.6	<i>Enfriamiento de la mezcla e inoculación</i>	32
3.4.2.7	<i>Fermentación</i>	33
3.4.2.8	<i>Filtración del mosto</i>	33
3.4.2.9	<i>Destilación N°1</i>	34
3.4.2.10	<i>Rectificación (segunda destilación)</i>	35
3.5.	Balance de energía	36
3.5.1	<i>Secado del almidón de la papa china</i>	36
3.5.1.1.	<i>Balance de energía general</i>	36
3.5.1.2.	<i>Cálculo del calor sensible para el almidón de la papa china</i>	36
3.5.1.3.	<i>Calor suministrado a la papa china</i>	37
3.5.1.4.	<i>Cálculo de la capacidad calorífica del almidón de la papa china</i>	37
3.5.1.5.	<i>Cálculo del calor ganado por el almidón de la papa china</i>	37
3.5.1.6.	<i>Cálculo de la entalpía del almidón de la papa china</i>	38
3.5.1.7.	<i>Cálculo del calor requerido para evaporar el agua del almidón de la papa china</i> .	38
3.5.1.8.	<i>Cálculo del calor total en el secado del almidón de la papa china</i>	39
3.5.2.	<i>Destilación</i>	39
3.5.2.1.	<i>Flujo másico de la alimentación (mosto fermentado)</i>	39
3.5.2.2.	<i>Flujo másico del destilado</i>	39
3.5.2.3.	<i>Flujo másico del residuo</i>	40
3.5.2.4.	<i>Cálculo del calor absorbido en el condensador</i>	40
3.5.2.5.	<i>Balance general de energía</i>	40
3.6.	Diseño de equipos	41
3.6.1	<i>Tanque con agitador industrial de marco y ancla para la mezcla homogénea almidón/agua</i>	41
3.6.1.1.	<i>Volumen del tanque de agitación almidón y agua</i>	41
3.6.1.2.	<i>Diámetro interno del tanque de agitación almidón y agua</i>	41
3.6.1.3.	<i>Altura del tanque de agitación almidón/ agua</i>	42
3.6.1.4.	<i>Área de transferencia de calor</i>	42
3.6.1.5.	<i>Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque</i>	42
3.6.1.6.	<i>Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque</i>	43

3.6.1.7.	<i>Longitud del brazo del sistema de agitación.....</i>	43
3.6.1.8.	<i>Diámetro del agitador para el tanque de almidón/agua.....</i>	43
3.6.1.9.	<i>Diámetro del rodete</i>	43
3.6.1.10.	<i>Distancia entre el fondo del tanque y el rodete</i>	44
3.6.1.11.	<i>Altura de la paleta.....</i>	44
3.6.1.12.	<i>Distancia entre rejillas.....</i>	44
3.6.2.	<i>Tanque con agitador industrial modelo tipo paletas para la mezcla malta y H₂O ..</i>	45
3.6.2.1.	<i>Volumen del tanque de agitación malta y H₂O</i>	45
3.6.2.2.	<i>Diámetro interno del tanque de agitación de la mezcla malta y H₂O.....</i>	45
3.6.2.3.	<i>Altura del tanque de agitación malta y H₂O</i>	46
3.6.2.4.	<i>Área de transferencia de calor.....</i>	46
3.6.2.5.	<i>Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque</i>	46
3.6.2.6.	<i>Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque</i>	47
3.6.2.7.	<i>Longitud del brazo del sistema de agitación.....</i>	47
3.6.2.8.	<i>Diámetro del agitador de la mezcla malta y H₂O</i>	47
3.6.2.9.	<i>Ancho de la hoja del impulsor</i>	48
3.6.2.10.	<i>Distancia del impulsor con respecto al fondo del tanque de agitación malta y H₂O</i>	48
3.6.2.11.	<i>Longitud de las paletas del impulsor</i>	48
3.6.2.12.	<i>Distancia entre paletas</i>	49
3.6.3.	<i>Tanque con agitador industrial tipo paletas para la mezcla malta/H₂O y almidón/H₂O.....</i>	49
3.6.3.1.	<i>Volumen del tanque de agitación malta y H₂O; almidón y H₂O</i>	49
3.6.3.2.	<i>Diámetro del tanque de agitación de la mezcla malta y H₂O; almidón y H₂O</i>	49
3.6.3.3.	<i>Altura del tanque de agitación malta y H₂O; almidón y H₂O</i>	50
3.6.3.4.	<i>Área de transferencia de calor.....</i>	50
3.6.3.5.	<i>Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de agitación de la mezcla malta/H₂O y almidón /H₂O</i>	50
3.6.3.6.	<i>Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque</i>	51
3.6.3.7.	<i>Diámetro del impulsor</i>	51
3.6.3.8.	<i>Ancho de la hoja del impulsor de la mezcla malta/H₂O y almidón /H₂O</i>	51
3.6.3.9.	<i>Longitud del brazo del sistema de agitación.....</i>	52
3.6.3.10.	<i>Distancia del impulsor con respecto al fondo del tanque de agitación</i>	52
3.6.3.11.	<i>Longitud de las paletas del impulsor</i>	52
3.6.3.12.	<i>Distancia entre paletas del agitador del tanque</i>	53
3.6.4.	<i>Diseño del filtrador</i>	53
3.6.5.	<i>Marmita enchaquetada con agitador</i>	54
3.6.5.1.	<i>Volumen de la marmita</i>	54

3.6.5.2.	<i>Diámetro de la marmita</i>	54
3.6.5.3.	<i>Altura de la marmita</i>	55
3.6.5.4.	<i>Espesor de la plancha para la marmita</i>	55
3.6.5.5.	<i>Área de transferencia de calor</i>	55
3.6.5.6.	<i>Altura de la chaqueta de la marmita</i>	56
3.6.5.7.	<i>Diámetro de la chaqueta de la marmita</i>	56
3.6.5.8.	<i>Longitud del agitador</i>	56
3.6.5.9.	<i>Espesor del agitador</i>	57
3.6.5.10.	<i>Diámetro del agitador</i>	57
3.6.5.11.	<i>Distancia entre el fondo del tanque y agitador</i>	57
3.6.6.	<i>Equipo de destilación</i>	58
3.6.6.1.	<i>Columna de destilación</i>	58
3.6.7.	<i>Tanque de almacenamiento</i>	69
3.6.7.1.	<i>Volumen del tanque de almacenamiento</i>	70
3.6.7.2.	<i>Diámetro interno del tanque de almacenamiento</i>	70
3.6.7.3.	<i>Altura del tanque de almacenamiento</i>	70
3.7.1.	<i>Inversión fija</i>	71
3.7.2.	<i>Egresos</i>	72
3.7.3.	<i>Costos de inversión fija y egresos</i>	73
3.7.4.	<i>Ingresos anuales</i>	73
3.7.4.1.	<i>Costos de producción por unidad</i>	73
3.7.4.2.	<i>Precio unitario del producto y venta al público</i>	74
3.7.5.	<i>Valor actual neto (VAN)</i>	74
3.7.6.	<i>Periodo de recuperación (PDR)</i>	75

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS	76
4.1.	Resultados organolépticos y físicos de la papa china	76
4.1.1.	<i>Caracterización organoléptica de la papa china</i>	76
4.1.2.	<i>Caracterización física</i>	76
4.2.	Resultado extracción del almidón de la papa china	77
4.2.1.	<i>Rendimiento del almidón</i>	77
4.2.2.	<i>Resultados organolépticos del almidón</i>	77
4.3.	Balance de masa y energía	78
4.4.	Dimensiones de los equipos	79

4.4.	Dimensiones de los equipos	79
4.5.	Resultado del análisis de costo y beneficio para la producción industrial del vodka de papa china	83
4.6.	Resultado de las destilaciones del vodka	82
4.6.1.	<i>Resultado final del vodka</i>	<i>83</i>
4.6.2.	<i>Resultado de la obtención del vodka mediante la norma NTE INEN 369.....</i>	<i>83</i>
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES.....	87
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Valor nutricional de la papa china / 100 g de porción comestible.....	23
Tabla 3-1: Coordenadas de la empresa NEFER.....	29
Tabla 3-2: Caracterización organoléptica de la papa china (Colacasia esculenta).....	30
Tabla 3-3: Caracterización física de la papa china (Colacasia esculenta); Error! Marcador no definido.	
Tabla 3-4: Variables de proceso en la obtención de vodka.....	35
Tabla 3-5: Maquinaria y materiales	35
Tabla 3-6: Sustancias y Reactivos	36
Tabla 3-7: Requisitos físicos y químicos para la obtención de vodka	36
Tabla 3-8: Características del filtro.....	60
Tabla 3-9: Espesores de la plancha	61
Tabla 3-10: Características del equipo para la destilación.....	63
Tabla 3-11: Datos adicionales para el cálculo de la columna de destilación	64
Tabla 3-12: Condiciones de operación de la destilación.....	68
Tabla 3-13: Datos para la recta de enriquecimiento.....	69
Tabla 3-14: Datos para la recta de alimentación	69
Tabla 3-15: Datos para la recta de agotamiento.....	70
Tabla 3-16: Datos para la eficiencia del proceso	70
Tabla 3-17: Costos de inversión fija de la empresa	74
Tabla 3-19: Costos de egresos para la producción de vodka de papa china por lote	75
Tabla 3-20: Servicios básicos, costos	76
Tabla 3-21: Mano de obra directa, costos	76
Tabla 3-22: Total de egresos anual	76
Tabla 3-23: Total de la inversión fija y egresos.....	77
Tabla 3-24: Ingresos anuales.....	77
Tabla 3-25: Datos para el cálculo del valor actual neto	78
Tabla 3-26: Cálculo del periodo de recuperación	78
Tabla 4-1: Resultados organolépticos de la papa china	78
Tabla 4-2: Resultados físicos de la papa china	79
Tabla 4-3: Resultados del almidón obtenido.....	79
Tabla 4-4: Resultados organolépticos del almidón	79
Tabla 4-5: Resultados del balance de masa del almidón extraído de la materia prima (papa china).....	80
Tabla 4-6: Resultados del balance de masa del mosto fermentado.....	80

Tabla 4-7: Resultados del balance de energía del secado de almidón de la papa china.....	80
Tabla 4-8: Resultados del balance de energía de la destilación	80
Tabla 4-9: Dimensiones de los equipos (resultados).....	81
Tabla 4-10: Resultados de las destilaciones con sus rendimientos	84
Tabla 4-11: Resultado del producto final obtenido.....	84
Tabla 4-12: Comparación del análisis obtenido del vodka con la normativa NTE INEN 369 ..	84

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Ubicación geográfica de la Empresa.....	29
Ilustración 3-2: Diagrama de flujo del proceso de obtención de almidón mediante el método de molienda húmeda	31
Ilustración 3-3: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del vodka	34
Ilustración 3-4: Diseño de proceso de obtención de vodka a nivel industrial	37
Ilustración3-5: Determinación de K.....	71

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Caracterización de la materia prima

ANEXO B: Obtención del almidón

ANEXO C: Vodka

ANEXO D: Diseño de los tanques

ANEXO E: Modelo de la planta

ANEXO F: Análisis del vodka

RESUMEN

Este trabajo de Integración Curricular tuvo como objetivo principal obtener una bebida alcohólica tipo vodka a partir de la papa china (*Colacasia esculenta*), ya que este es un tubérculo producido a gran escala, pero poco utilizado en la industria alimentaria, para ello se diseñó un proceso industrial para la obtención de la bebida alcohólica, en donde primeramente se realizó la caracterización de la materia prima con base a la norma ecuatoriana INEN 1 516, para luego obtener el almidón y posteriormente identificar las variables del proceso y continuar con el cálculo de ingeniería en base a las variables del proceso. Una vez finalizado el proceso de la obtención del vodka se procedió a realizar la validación técnica y económica del diseño propuesto mediante la caracterización físico químicas y sensoriales del producto con base a la norma INEN 369 (BEBIDAS ALCOHÓLICAS. VODKA. REQUISITOS), con una muestra de 250 ml de vodka en el laboratorio Multianálityca S.A, se obtuvieron los siguientes resultados 40° GL, 0,20 mg/100 cm³ de metanol, < 0,01 de furfural mg/cm³ y 0,7 mg/cm³ obtuvo de alcoholes superiores, antes de realizar los estudios se obtuvo una bebida de alto grado alcohólico, pero mediante la dilución se pudo obtener un vodka de 40°GL, en donde mediante todas las pruebas realizadas se concluye que la bebida alcohólica tipo vodka es aceptable y podría competir con otras marcas ya establecidas en el mercado. Se realizó la validación económica con un costo de producción de (\$5,17); PVP (\$6,01) con una inversión fija de 38535,00, ingresos anuales de 93756, VAN 39606,85 y un período de recuperación de un año. Dando como resultado que la implementación del proyecto es viable.

Palabras Clave:<VODKA>, <PAPA CHINA>, <ALCOHÓLICO>, < PROCESO >, <CALCULO>

2092-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The main objective of this graduation work was to obtain a vodka-type alcoholic beverage from the Chinese potato (*Colocasia esculenta*), since this is a tuber produced on a large scale, but little used in the food industry. For this purpose, an industrial process was designed to obtain the alcoholic beverage, where first the raw material was characterized based on the Ecuadorian standard INEN 1 516, and then the starch was obtained and subsequently the process variables were identified and the engineering calculation was continued based on the process variables. Once the process of obtaining the vodka was completed, the technical and economic validation of the proposed design was carried out through the physical, chemical and sensory characterization of the product based on the INEN 369 standard (ALCOHOLIC BEVERAGES. VODKA. REQUIREMENTS), with a sample of 250 ml of vodka in the Multianálityca S. A. laboratory. The following results were obtained: 40° GL, 0.20 mg/100 cm³ of methanol, < 0.01 of furfural mg/cm³ and 0.7 mg/cm³ was obtained of superior alcohols. Before carrying out the studies, a drink of high alcoholic degree was obtained, but by means of the dilution a vodka of 40°GL could be obtained, where, by means of all the tests carried out it is concluded that the alcoholic drink type vodka is acceptable and could compete with other brands already established in the market. The economic validation was carried out with a production cost of (\$5.17); PVP (\$6.01) with a fixed investment of 38535.00, annual income of 93756, NPV 39606.85 and a recovery period of one year, resulting, that the implementation of the project is feasible.

Keywords: <VODKA>, <PAPA CHINA>, <ALCOHOLIC>, <PROCESS>, <CALCULATION>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

CI: 1103696132

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de Integración Curricular tiene como objetivo diseñar un proceso industrial para obtener una bebida alcohólica tipo vodka a partir del almidón de la papa china, no sin antes haber revisado fuentes bibliográficas de la elaboración del vodka a partir de la papa. En el país el alcohol es consumido altamente por la población, ya que son parte de las tradiciones y costumbres, además de esto ayuda a la economía en el país. Una de las principales materias primas para elaborar el vodka es el almidón de la papa; este almidón a través de una hidrólisis puede ser descompuesto en azúcares obteniendo un líquido glucosado que permite proceder a la fermentación con la ayuda de levaduras y enzimas. La papa china se caracteriza porque es un tubérculo que presenta un gran valor nutricional, también es una importante fuente de vitaminas y minerales, por cual sacarle el provecho al tubérculo sería muy factible para la empresa Cervecería NEFER para que añada una línea de vodka en su producción.

En la actualidad la papa china se encuentra disponible en grandes cantidades en nuestro país y por ello se plantea como objetivo principal elaborar una bebida alcohólica tipo vodka, buscando la posibilidad a la industrialización de dicho tubérculo en la elaboración de la bebida, agregándole un valor al producto final, no sin antes realizar sus debidas pruebas como el rendimiento del almidón de la materia prima, características fisicoquímicas, características organolépticas del vodka y costos de producción.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El consumo de alcohol en el Ecuador forma parte de las costumbres y tradiciones en zonas urbanas y rurales, también están relacionadas al convivir en la cotidianidad (Romero, 2013).

El vodka en el Ecuador se consume principalmente en cócteles, pero sin embargo la popularidad de esta bebida hace que se consuma con mayor frecuencia el vodka solo. La materia prima que se utiliza para la elaboración del vodka es diferente. (Rapelo et al., 2013).

La norma INEN 369-2016 define al vodka como: “Bebida alcohólica obtenida mediante la hidratación del alcohol etílico rectificado extra neutro. Una bebida alcohólica para ser considerada vodka debe presentar un mínimo de 37,5% grado alcohólico, no se permite la adición de edulcorantes, colorantes, ni saborizantes”. (Rapelo et al., 2013).

Esta bebida es elaborada principalmente a base de tubérculos como la papa; papa china (*Colacasia esculenta*) o también conocida como Taro, perteneciente a la familia de las Aráceas, son herbáceos comestibles; se cultiva en suelos con altos contenidos de humedad, y puede soportar períodos de sequía (Rapelo et al., 2013).

En los últimos años se observa un pequeño y continuo incremento en la industria de alimentos y bebidas dentro de la economía a nivel nacional, actualmente la industria de bebidas y licores va creciendo en comparación con otros países de Latinoamérica. A medida que estas industrias crecen es una oportunidad para crear nuevos productos que sean competitivo en el mercado para la cervecera NEFER, ya que no cuenta con el estudio de un proceso industrial para la obtención de una bebida alcohólica tipo vodka a partir de papa china (*Colacasia esculenta*), la empresa esta direccionada en la elaboración de cerveza, pero esto no le impide incursionar en la elaboración de una bebida alcohólica, puesto que sus directivos se han propuesto la integración de nuevos productos que partan del mismo principio de fermentación y destilación, con el que se ha venido desarrollando la empresa, replanteándose la creación de una bebida alcohólica tipo vodka. (Romero, 2013).

1.2. Justificación

El incremento que sufren las industrias de bebidas alcohólicas muestra la posibilidad de obtener un subproducto a partir de la papa china como lo es el alcohol tipo vodka, la importancia del proyecto es dar a conocer una nueva alternativa para el aprovechamiento de la materia prima para obtención de alcohol. En el campo agroindustrial se considera la posibilidad de una nueva alternativa a la industrialización de los tubérculos con la fabricación de una bebida alcohólica, dándole un valor agregado al producto final. El vodka a partir de la papa china (*Colacasia esculenta*) tiene diversas aplicaciones en la industria de bebidas por su olor y sabor agradable (Benavides & Pozo, 2008).

La empresa NEFER requiere de un estudio previo del proceso para la obtención de una bebida alcohólica tipo vodka para conocer la factibilidad e implementación del mismo, al obtener el diseño de un proceso de una bebida alcohólica destilada, se está reaprovechando el producto y ayudaría también al incremento de este cultivo en donde la empresa y los agricultores se vean beneficiados. Cabe recalcar que existe escasez de empresas productoras de ese tipo de licor, de tal manera ayudará a promover el crecimiento económico, permitiendo de esa manera la generación de fuentes de empleo, rentabilidad en las familias y a su vez incentivará al consumo local.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un proceso industrial para la obtención de una bebida alcohólica tipo vodka a partir de papa china (*Colacasia esculenta*)

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización física y organoléptica de la papa china (*Colacasia esculenta*) como tubérculo y materia prima para la obtención del vodka con base a la norma técnica ecuatoriana INEN 1 516.
- Establecer las variables de proceso para la obtención de una bebida alcohólica a partir de la papa china (*Colacasia esculenta*).
- Realizar los cálculos de ingeniería en función de las variables de diseño del proceso de obtención de la bebida alcohólica.

- Realizar la validación técnica y económica del diseño propuesto mediante la caracterización físico químicas y sensoriales del producto con base a la norma INEN 369 (BEBIDAS ALCOHÓLICAS. VODKA. REQUISITOS).

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

La palabra “**vodka**” proviene del término ruso “*voda*” que significa agua, con la terminación –*ka*, que es un diminutivo. Esto significa literalmente “*agüita*”. El “*vodka*” tiene un consumo más amplio en Rusia que en el occidente, ya que sirve para designar a una extensa gama de bebidas alcohólicas destiladas y de alta graduación. A principios del siglo XV, el vodka tuvo origen en Rusia y Polonia, las condiciones climáticas no eran favorables para la producción de uva, lo cual no era imposible la elaboración de vinos, e inicio la producción de vodka, que es una bebida alcohólica destilada, producida a partir de alcohol etílico de origen agrícola, elaborada a base de varios tubérculos u otras plantas con un alto porcentaje de almidón. Su sabor dulce permite tomarlo solo, con hielo e incluso combinarlo con frutas, esencias u otras bebidas alcohólicas para obtener una bebida más fuerte y diversa; por esta razón, es considerado un alcohol elemental y muy popular (Balcerek & Pielech-Przybylska, 2009).

En aquella época el Vodka se producía por dos características fundamentales que era la materia prima de bajo costo y disponible como cereal y patatas y su fácil elaboración que es el destilado que proviene de la fermentación de cualquier planta rica en almidón. Al inicio de su elaboración tenía como propósito obtener un líquido sencillo, alcohólico y formado por etanol y agua, sin pretensiones en cuanto a su aroma y sabor, lo que lo convierte en una bebida bastante insípida, tiene una graduación en torno a los 40°, aunque hay vodkas polacos que llegan a tener 80° y alguno ruso hasta 96° (Villalobos-Chaves, 2006).

A nivel mundial, la papa china se ubica en el quinto lugar de importancia dentro de los cultivos de tubérculos y raíces. En el Ecuador, la papa china tiene un rendimiento promedio por hectárea sembrada de 10 toneladas, en otras zonas del país tiene rendimientos más altos (15 -18 toneladas promedio), dependiendo del clima y manejo técnico del cultivo. La papa china en su mayoría es exportada a Estados Unidos, antes de la pandemia Ecuador exportaba a Estados Unidos 4.620 cajas semanales, en la actualidad se exporta 1.540 cajas. Con la baja demanda del producto, también ha reducido su precio antes se exportaba a \$20, ahora se oferta en \$14 (Ramirez, 2020).

De acuerdo al artículo “Hidrólisis enzimática de almidón” de (Bernal Bustos et al., 2017). revisaron el avance científico relacionado con la hidrólisis parcial del almidón, utilizando glucoamilasa de *Aspergillus niger*, que fue inactivada, además se demostró teóricamente la actividad catalítica del

sustrato del almidón, para identificar y establecer los avances realizados en torno al establecimiento de la cinética de reacción enzimática de la amilosa en sustratos con almidón. Es por ello que se ha realizado varios ensayos con ese tipo de hidrólisis, como el trabajo presentado por (S. Herrera, 2019), que obtiene vodka por hidrólisis enzimática a partir de las variedades de papa huagalina y tumbay, donde tuvo como resultado el mejor rendimiento de vodka en la variedad de papa tumbay con 11,01 % y para la variedad papa huagalina se obtuvo un rendimiento de vodka de 9,42 %, en el rendimiento de almidón para la fue de 15,5 % y 13,26 %, y la graduación alcohólica de 42,25 °GL, 45,58°GL para cada variedad de papa respectivamente (S. Herrera, 2019). Los resultados del análisis sensorial realizado por los jueces determinaron que el índice de calidad del producto de la variedad huagalina con relación al aroma fue del 80% y tumbay con 60%; para el color de los tipos de papa 92,5%, sabor 80% para huagalina y 65% tumbay (S. Herrera, 2019). En Perú, Anaya y Mantero, obtuvieron vodka a partir del almidón de tres variedades de papa (canchan, hualash y huayro moro), para esto se realizó un estudio de nivel experimental aplicado, en donde se evaluó el rendimiento, análisis sensoriales, propiedades fisicoquímicas del almidón y del vodka. La variedad con mayor rendimiento fue huayro moro, con 14.11 %, pH de 6,23, humedad de 11.84 %, y viscosidad de 34 000 cp. No presentó diferencia entre los tratamientos en la evaluación del sabor y color. Se realizó un estudio sobre el uso del almidón de papa súper chola en la producción de una bebida alcohólica, se analizó los parámetros del producto obtenido y se compararon con la norma técnica NTE INEN 369, en donde se verificó que los valores analizados se encuentran dentro de los estándares de referencia, es decir que se realizó un análisis fisicoquímico y organoléptico del producto y para concluir se comparó directamente con una marca de vodka común, y dio como resultado una consistencia similar con un ligero olor a papa (Brito Moína et al., 2021).

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Generalidades de la papa china

La papa china tuvo su origen en el Sureste de Asia, entre Indonesia y la India, pero se presume que es nativa de las zonas boscosas de África Occidental. Se introdujo en América después de la llegada de los españoles. La papa china (*Colacasia esculenta*), es una planta perenne de los trópicos y de zonas húmedas, perteneciente a la familia de las Aráceas herbáceas comestibles; se cultiva en suelos con altos porcentajes de humedad, y pueden soportar períodos de sequía (Rápelo et al., 2013); (Romero, 2013). Su altura promedio es de 1 – 2 m, produce un cormo central esférico o cónico, estos cormos están cubiertos por escamas fibrosas en su exterior o pueden ser lisos, el color de la pulpa es blanco nieve y en algunos casos puede encontrarse marrón, amarillento e incluso anaranjado (S. Herrera, 2019).

La papa china es uno de los primeros cultivos domesticados por el hombre, y ocupa el quinto lugar a nivel mundial dentro de los cultivos de raíces y tubérculos. Por su alto valor nutricional es uno de los tubérculos más cultivados en Ecuador en la región Amazónica (Romero, 2013). Se caracteriza por su fuente de vitaminas y minerales, la papa china posee tiamina, riboflavina, hierro, fósforo, vitaminas B6 y C, niacina, potasio, cobre, magnesio, alto grado de fibra dietética y almidón (Montalván, 2013). En la tabla 2.1, se muestra el valor nutricional de la papa china / 100 g de porción comestible.

2.1.1.1. Composición de la papa china

En la siguiente tabla se observa el valor nutricional de la papa china, observándose que tiene superioridad a la papa normal, ya que contiene mayor proporción de proteínas, calcio y fósforo.

Tabla 2-1: Valor nutricional de la papa china / 100 g de porción comestible

Componentes	Unidad	Cantidad
Humedad	%	68,3
Proteína	g	2,4
Energía	KJ	451
Cenizas	g	1,0
Grasa	g	0,2
Carbohidratos	g	24,1
Fibra	g	0,6
Acido ascórbico	mg	6,0
Fósforo	mg	30,0
Calcio	mg	24,7
Hierro	mg	2,3
Tiamina	mg	0,9
Riboflavina	mg	0,3
Niacina	mg	0,50

Fuente: (Alban & Carrasco, 2012; A. Romero, 2018; Songor & Tenesaca, 2019).

2.2.2. Almidón

El almidón se localiza en raíces, tubérculos, semillas y frutas, es un polímero de glucosa que constituye el tejido de almacenamiento más importante en las plantas (Alban & Carrasco, 2012). Su porcentaje varía según el estado de madurez; desde el punto de vista químico el almidón está compuesto esencialmente de dos polímeros de diferente estructura, amilosa y amilopectina. La amilosa, es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces glucosídicos; y la amilopectina contiene ramificaciones las cuales están unidas por enlaces α (1,6); entonces, los almidones contienen aproximadamente 17 – 27% de amilosa, y el resto de amilopectina (Badui Dergal, 2006). La amilosa y la amilopectina influyen de manera determinante en las propiedades

sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización (Badui Dergal, 2006). En la industria alimentaria el almidón es muy importante ya que, es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante) (Rapelo et al., 2013).

2.2.3. *Enzimas*

Una enzima es actúa como catalizador biológico, llevando a cabo reacciones químicas a muy altas velocidades, que no se consume durante la reacción y en general presenta un alto grado de especificidad (Badui Dergal, 2006). La temperatura es importante en la acción de las enzimas, a temperaturas altas estas se desnaturalizan quedando inactivadas, por otro lado, si se encuentran a temperaturas bajas reducen su actividad (Vásquez & Vásquez, 2009). Las enzimas juegan un papel importante en lo que es el campo alimentario ya que la fermentación y otros procesos industriales depende de la acción de las mismas (Benavides & Pozo, 2008).

2.2.4. *Levaduras*

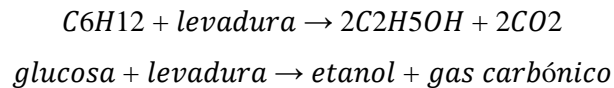
Las levaduras son hongos Ascomycetes pertenecientes al orden endomicetales. En la producción de etanol, en la vía fermentativa, estos microorganismos son muy útiles debido a su alta productividad en la conversión de azúcares a bioetanol, además, la producción de toxinas es menor a comparación de otros microorganismos. Las levaduras actúan bajo algunas condiciones de: humedad, azúcares, materias hidrogenadas, minerales y trabajar a una temperatura adecuada (Díaz, 2017). De todas las levaduras existentes en campo, las de mayor interés en la industria de bebidas alcohólicas corresponden al género *Saccharomyces*, aunque existen estudios para producir alcohol con otros hongos y bacterias, como la *Zymomonas mobilis*, pero la explotación a nivel industrial es mínima (Benavides & Pozo, 2008).

2.2.5. *Bebidas alcohólicas*

Las bebidas alcohólicas son soluciones aromatizadas de etanol provenientes de numerosos sustratos, como cereales (como la cebada en la cerveza), uvas u otras frutas (como el vino), también se derivan de carbohidratos (como licores destilados) (Alban & Carrasco, 2012). Se clasifican en dos grupos: las bebidas fermentadas, como la cerveza, vino y sidra; poseen un grado alcohólico que oscila en los 5 y 15 grados; en el otro grupo están las bebidas destiladas, obtenidas generalmente a partir de un producto de fermentación, como el wiski, brandy, vodka, ginebra y ron, caracterizadas por tener un grado alcohólico de 40° (Agualsaca, 2013).

2.2.6. Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica, es una biorreacción, que tiene como objetivo biológico proporcionar energía anaeróbica a los microorganismos unicelulares (levaduras) en ausencia de oxígeno, para ello separan las moléculas de glucosa y obtienen energía necesaria para sobrevivir, produciendo el alcohol y CO₂ como resultados de la fermentación (Alejandra Arévalo, 2011). Para ello se establece la siguiente ecuación:



La fermentación alcohólica, comienza después de que la glucosa se degrada a ácido pirúvico, este ácido se convierte luego en CO₂ y etanol. Este proceso es aprovechado en la industria alimenticia para la elaboración de pan, cerveza, vino, licores, entre otros productos fermentados (Alban & Carrasco, 2012).

2.2.7. Pruebas de análisis bebidas fermentadas

La fermentación es una etapa importante, en donde las levaduras se encargan de cambiar 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 (Chamorro, 2021).

2.2.7.1. Grados brix

En la industria alimenticia se 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 indica que existe una alta concentración de sólidos disueltos. La refracción es medida por un refractómetro, instrumentos que están calibrados para poder leer los grados Brix (Bx) (Corp, 2007).

Para medir el proceso de maduración de la fruta en campo se utiliza el mismo instrumento, 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 (Mckirdy & Grinberg, 2018).

El hidrómetro es otro instrumento que se utiliza para medir los grados Brix, utilizado antes y después de la fermentación en la elaboración de cerveza y 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. El refractómetro y el hidrómetro deben tener ajustes en los cálculos según la temperatura que tenga la muestra (Mckirdy & 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 & Grinberg, 2018).

2.2.7.2. *Densidad*

La densidad nos ayuda a supervisar el aspecto de la fermentación esto se conoce como atenuación (Técnicas de análisis, 2015). La atenuación es la producción de alcohol mediante la agregación de levaduras durante la fermentación, para la eliminación de los azúcares. 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, 2022).

2.2.7.3. *Viscosidad*

La viscosidad es causada debido a la existencia de pentosanos y β -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. (Ray, 2022).

2.2.7.4. *PH*

El pH es una variable importante, ayuda a acortar la curva de maceración, rápida filtración, mayor rendimiento, fermentación rápida (Agualsaca, 2013). Ajustar el pH entre 4 y 4,5 durante el proceso de fermentación ayuda a las levaduras y este valor al ser bajo no permite el desarrollo de bacterias (Alcívar, 2017).

2.2.7.5. *Acidez*

La cantidad de ácidos orgánicos presentes en la muestra determinan la acidez, dependiendo 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. El porcentaje de acidez de algunas bebidas es al alrededor de 0,3%, si este valor es más alto o más bajo va a afectar el sabor o la estabilidad de la espuma (Negri, 2005).

2.2.8. Destilación

La destilación es la separación de los componentes de una solución en función de su volatilidad en el punto de ebullición (punto de destilación) (Universidad Politécnica de Valencia, 2017).

La destilación, se deduce que los mayores componentes de las bebidas destiladas son alcohol etílico y agua. Los puntos de ebullición del alcohol y del agua son diferentes, pues esta, a presión atmosférica a nivel de mar, hierve a 100°C, y el alcohol lo hace a 78,4°C, una mezcla de ambos líquidos se encontrará entre las dos cifras dadas (Alban & Carrasco, 2012).

La destilación se puede clasificar en dos tipos:

- Destilación simple: es el procedimiento en el que la separación de líquidos con punto de ebullición inferior a 150°C, ayuda para separar mezclas de líquidos que tienen distintos puntos de ebullición (Alban & Carrasco, 2012)
- Destilación fraccionada: es una variante de la destilación simple, es un proceso físico que se emplea principalmente para separar mezclas ó líquidos con puntos de ebullición cercanos. La diferencia radica en el uso de una columna de fraccionamiento, mediante calor permite un mayor contacto entre los vapores que ascienden con el líquido condensado que desciende, por la utilización de diferentes platos (Vásquez & Vásquez, 2009).

El producto de cualquier tipo de destilación consta de cabeza, cuerpo y cola. En la cabeza, se encuentran las sustancias más volátiles, son las primeras en salir por sus bajos puntos de ebullición, se trata de sustancias como la acetona, metanol y varios ésteres; al consumir cualquiera de estos productos puede ocasionar ceguera y muerte; para que el destilado no se vea contaminado por esta parte de la destilación se debe controlar la temperatura en que entran al punto de ebullición que por lo general es a partir de los 55 – 78°C. El cuerpo, es identificable por su color ampliamente transparente, entra en ebullición a partir de los 78,4 – 82°C. Para finalizar, los alcoholes a un punto de ebullición más elevado se encuentran en las colas, como son los furfúricos que producen mal sabor en el destilado (Vásquez & Vásquez, 2009).

2.2.9. *Hidrólisis*

Según (A. Herrera & Meers, 2013). La hidrólisis es una reacción química que consiste en la doble descomposición de la molécula de agua con otro compuesto, en la cual sus átomos forman otra especie química. Por la naturaleza disolvente del agua, también puede efectuarse la hidrólisis mediante adición de un ácido o una enzima. La hidrólisis en los almidones tiene como propósito convertir dicho almidón en azúcares fermentables (A. Herrera & Meers, 2013).

2.2.9.1. *Hidrólisis ácida*

Este tipo de hidrólisis se realiza con la ayuda de ácidos normalmente con HCl o H₂SO₄ ayuda al rompimiento de las cadenas cortas de dextrinas, la concentración del ácido, el pH debe ser 1.5, la temperatura debe ser mayor de 100°C y el tiempo de hidrólisis va a depender del grado de degradación. La descomposición de azúcares, no se produce con una hidrólisis parcial (Xiao & Zeng, 2010).

La hidrólisis por su no selectividad forma una gran cantidad de subproductos y juntos con los azúcares producen compuestos que pueden llegar a ser tóxicos para la (Romero Pulido, 2003). Este tipo de hidrólisis con ácido diluido tiende a rendir una gran cantidad de subproductos mientras que, la hidrólisis con ácido concentrado forma menos subproductos (Viñals-Verde, M, Bell-García A, Michelena-Álvarez & Ramil-Mesa, 2012).

2.2.9.2. *Hidrólisis enzimática*

Es este tipo de hidrólisis son muy importantes los microorganismos vivos, las enzimas más utilizadas son la alfa-amilasa y beta amilasa (Bernal Bustos et al., 2017), las primeras desdoblan el almidón en glucosa y maltosa; se distingue por la facilidad de descomposición de los almidones en dextrinas reductoras, que no dan color en el yodo, y beta amilasa, transforma la totalidad del almidón en glucosa (Xiao & Zeng, 2010). La estructura granular del almidón, el tamaño y tipo de cristal, la relación amilosa/amilopectina y el peso molecular promedio de dicha relación también son factores importantes que actúan en la hidrólisis enzimática, además de los cuerpos proteicos y lipídicos y las condiciones de especificidad de la enzima (Bernal Bustos et al., 2017).

Para elaborar un producto que se quiere comercializar, no se recomienda realizar una hidrólisis enzimática, debido al alto precio de las enzimas, esto se une a una baja velocidad de reacción y la necesidad de un reactor que sea conveniente para la reacción (Romero Pulido, 2003).

2.2.10. *Vodka*

Es una bebida muy conocida en Polonia, Rusia y algunos países de Europa del este, proviene de la palabra rusa “voda” que significa agua. El vodka es bebida alcohólica elaborada a partir de alcohol etílico de origen agrícola producido mediante la fermentación de cereales, patatas o productos agrícolas. Al conseguir esta fermentación, la cual contiene etanol se procede a destilar para finalmente realizar una modificación 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).

2.2.10.1. *Hidratos de etanol*

Cuando se agrupan las moléculas de etanol y agua que existen en el vodka se los nombra como hidratos. El hidrato más común tiene la forma de una jaula y a su alrededor 5 moléculas de agua cada una con su molécula de etanol. La concentración de hidratos varía dependiendo el tipo de vodka (Bunning, 2016).

2.2.10.2. *Impurezas*

Cuando un vodka presenta impurezas se puede eliminar en su mayoría mediante el proceso de destilación y filtración, pero pueden quedar miligramos de estas en dicha mezcla, dependiendo de la cantidad de impurezas que contenga una mezcla puede afectar la percepción del sabor (Bunning, 2016).

2.2.10.3. *Aditivos*

Para la elaboración de vodka se permite algunos aditivos como son: el ácido cítrico (hasta un 0,1% por volumen), glicerol y azúcar (máximo 0,2% por volumen). Estos aditivos no son necesarios revelarlos en la etiqueta. Existen vodkas aromatizados que son preparados con aditivos. Como ejemplo es el vodka Zubrowka, que es aromatizado con hierba de bisonte, obteniendo una coloración amarillenta cumarina. La cumarina tiene una toxicidad hepática menor en grandes cantidades el Zubrowka fue prohibida en los EE. UU (The Chemistry of Vodka, 2016).

2.2.10.4. *Sabor*

El vodka se caracteriza por su sabor suave, para lograrlo es necesario un filtrado múltiple del alcohol con ayuda del carbón activado, luego de una dilución con agua la cual va a ser destilada, desmineralizada o tratada ya sea con ablandadores de agua u otro producto. También existen

vodkas que son aromatizados, se caracterizan por tener un sabor 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).

2.2.10.5. Composición del vodka

La demanda del vodka en diferentes países, impulsó a determinar la composición precisa de dicha mezcla, 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. En el mercado actual se puede encontrar diversos tipos de vodkas ya sean puros o aromatizados, que dependen de una o más materias primas para obtener un producto final (Wiśniewska et al., 2015).

2.2.10.6. Técnicas para analizar el vodka

La cromatografía de gases el principal proceso por el cual se analiza la composición del vodka, pero en algunos estudios se ha podido aplicar espectrofotometría, absorción atómica y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). estas técnicas ayudan a determinar compuestos específicos que son difíciles de diferenciar (Wiśniewska et al., 2015).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del proyecto

3.1.1. Implementación del proyecto

La posible implementación del Proyecto se realizará en la Cervecería Nefer de la Ciudad de Riobamba.



Ilustración 3-1: Ubicación geográfica de la Empresa

Fuente: (Google Earth 2020)

Tabla 3-1: Coordenadas de la empresa NEFER

LATITUD	1°41'00.0''S
LONGITUD	78°38'36''W
ALTITUD	2742 m.s.n.m
CLIMA	Temperatura Promedio 11°C

Fuente: (Google Earth 2020)

3.2. Ingeniería del proyecto

3.2.1. Caracterización de materia prima

La papa china en el territorio ecuatoriano como tubérculo posee una normativa vigente NTE INEN 1516, que establece los requisitos mínimos que deben cumplir las variedades de papas en estado fresco, que no haya sufrido ningún proceso de transformación. La calidad de la papa china físicamente se refiere a su morfología, y estructura, que comprende: apariencia (color, olor, sabor y textura), el tamaño, la forma, el espesor, número de ojos, que establece el consumidor y la industria, para su elaboración y consumo. Para ello las principales disposiciones son: enteras y con la piel bien formada, limpias exentas de materias extrañas visibles, firmes y de aspecto fresco, exentas de plagas, exentas de olores y sabores extraños, exentas de efectos externos e internos que perjudiquen en su aspecto, enverdecimiento en más de la octava parte de la superficie total del tubérculo, manchas de mohos, daños causados por el frío; todo lo antes mencionado se debió verificar para su respectiva caracterización, algo muy importante también son los parámetros que afectan a la calidad de la papa china como el medio ambiente del cultivo, variedad y los procesos de cultivo como riego, fertilización y el uso de productos químicos (Cabezas Serrano, 2013).

Tabla 3-2: Caracterización organoléptica de la papa china (*Colocasia esculenta*)

No.	Características	Valor	
		Papa china	Almidón
1	Olor	Agradable	Agradable
2	Color	Gris claro	Crema
3	Color cascara	Café	-----
4	Sabor	Semidulce	Ninguno

Fuente; (INEN 1 516 HORTALIZAS FRESCAS.PAPAS. REQUISITOS)

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

Basándonos en la norma NTE INEN 1516 se obtiene que la materia prima (papa china) tenía un color gris claro que es común y característico del tubérculo optando también con un olor agradable y sabor semidulce.

Tabla 3-3: Caracterización física de la papa china (*Colocasia esculenta*)

No.	Papa china		
	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	32	5,2	2,98

2	28	4,7	2,6
3	30	5	2,8
4	31	5,1	2,89
5	29	4,9	2,7
6	27	4,6	2,52
Promedio	29,5	4,91	2,74

Fuente; (INEN 1 516 HORTALIZAS FRESCAS.PAPAS. REQUISITOS)

Realizado por: Yumbra, Stalyn,2023

Luego de realizar la caracterización física de la papa china (*Colacasia esculenta*) se obtuvo que el tubérculo en este caso la papa china como valores promedios un peso de 29,5; longitud de 4,91 cm y diámetro de 2,74 cm considerando que son valores característicos del tubérculo.

3.2.2. Procedimiento

3.2.2.1. Obtención del almidón de la papa china

Para la extracción del almidón de la papa china se utilizó el método de molienda húmeda reportado por (Arévalo, 2011), con algunos pequeños cambios efectuados; para iniciar la obtención del almidón primero se llevó a cabo la selección de la materia prima en este caso la papa china, la materia prima fue limpiada, lavada y posteriormente pesada, para luego ser pelada y cortada en pedazos pequeños, la proporción de agua fue de 1 a 3 para luego añadir el metabisulfito de sodio, donde se dejó reposar durante 20 minutos aproximadamente, luego del reposo pasó a ser triturado en una licuadora industrial para reducir su tamaño. La mezcla obtenida fue filtrada en un lienzo de tela descartando el residuo, proceso el cual se repitió 3 veces. El resultado de la filtración se dejó reposar durante dos días para poder extraer la mayor cantidad de almidón, luego del reposo el sobrenadante líquido fue descartado y el almidón fue lavado y secado a 60°C durante tres horas. Para finalizar el almidón seco obtenido se molió y se guardó en fundas herméticas para su posterior uso en la elaboración del vodka.

En el siguiente diagrama se presenta paso a paso de cómo obtener el almidón a partir de la papa china.

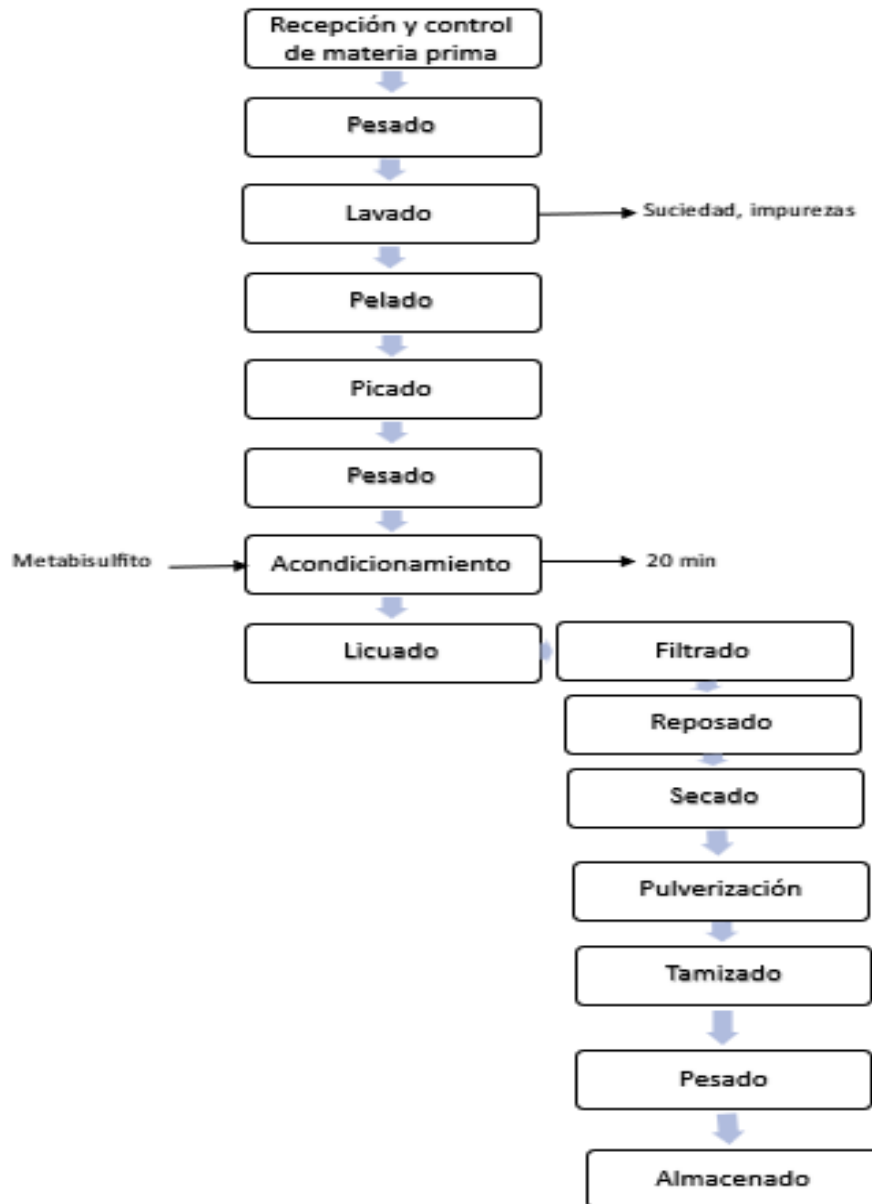


Ilustración 3-2: Diagrama de flujo del proceso de obtención de almidón

Realizado por: Yumbla, Stalyn, 2023

3.2.2.2. Elaboración del vodka

Para elaborar el vodka a partir de la papa china (*colacasia esculenta*) se trabajó de dos maneras, la primera consistió en el método convencional, este método nos permite trabajar sobre el mosto de la materia prima de manera directa y por medio de la fermentación y destilación obtener el licor. La otra opción para realizar el proceso fue trabajar con el almidón obtenido de la materia prima.

3.2.2.3. *Proceso de elaboración del vodka*

Una vez que se obtiene el almidón de la papa china, se procede a la elaboración del vodka y se optó por seguir el siguiente proceso que se detalla a continuación:

- **Pesado:** para iniciar el proceso se procedió a pesar 200 g de almidón por cada litro de agua (Benavides & Pozo, 2008).
- **Mezclado:** se procedió a mezclar el almidón con el agua evitando que se formen grumos.
- **Gelatinización:** para obtener la gelatinización se sometió a una temperatura de 70°C durante 40 minutos (Benavides & Pozo, 2008).
- **Moler la malta y activarla** (relación 1:4), calentar a una temperatura de 70 °C agitando constantemente.
- **Mezclar el almidón gelatinizado con la mezcla malta/agua** teniendo en cuenta que las dos mezclas deben tener un PH de 5 a 5,9 y a una temperatura de 70 °C, para regular el PH se debe de utilizar ácido cítrico, ya que depende del PH para el rendimiento de las levaduras.(Benavides & Pozo, 2008).
- **Mantener la mezcla no mayor a 70 °C durante dos horas**, se optó por el baño maría para mantener la temperatura deseada en el tiempo deseado.
- **Transcurrido el tiempo determinado se procede a realizar la prueba del almidón** (azul: contiene almidón; marrón: no contiene almidón), si la muestra nos da como resultado azul se procede a dejar un tiempo extra hasta obtener el color marrón.
- **Se filtra y se procede a hervir el líquido filtrado** (a 100 °C por 1 hora), es necesario realizar este paso en el proceso de elaboración ya que al hervir a 100°C se elimina el DMS (sulfuro de dimetilo), el cual, es el encargado de producir humos tóxicos incluyendo óxidos de azufre
- **Inoculación:** para llevar a cabo este paso se tomó una muestra y se añadió 2% de levadura con respecto al volumen del mosto dejándola reposar durante 90 minutos para que se active la levadura.
- **Para enfriar el mosto se debe pasar de un recipiente a otro lo más rápido posible** hasta que se enfríe y dejar reposar unos minutos a temperatura ambiente.
- **Fermentación:** el resultado de la inoculación se procedió a llevar a los recipientes para empezar el proceso de la fermentación a una temperatura ambiente (22°C) este proceso se llevó a cabo hasta obtener un PH constante.
- **Trasvase:** al finalizar el proceso de fermentación se procedió a trasvasar el mosto con la finalidad de eliminar sedimentos.

- Destilación: para el proceso de destilación se utilizó el rotavapor del laboratorio de Productos Naturales de la Facultad. Para este procedimiento la temperatura empleada fue de 72 °C obteniendo un etanol de grado alcohólico alto.
- Segunda destilación: se procede a realizar una segunda destilación agregando carbonato de sodio y dejándolo reposar 20 min para suprimir los olores obtenidos ya que proviene de una fermentación y también para aumentar el grado alcohólico para proceder la dilución.
- Dilución: una vez que se obtuvo el alcohol de igual manera como en el proceso anterior se procedió a medir al grado alcohólico, para proceder a realizar la dilución correspondiente hasta obtener el grado de alcohol deseado que es de 40GL.
- Envasado y almacenamiento: el producto que fue destilado y diluido hasta obtener el alcohol deseado se procedió a envasar en botellas de vidrio para conservar todas sus características físicas y químicas, finalmente se almacenaron a temperatura ambiente.

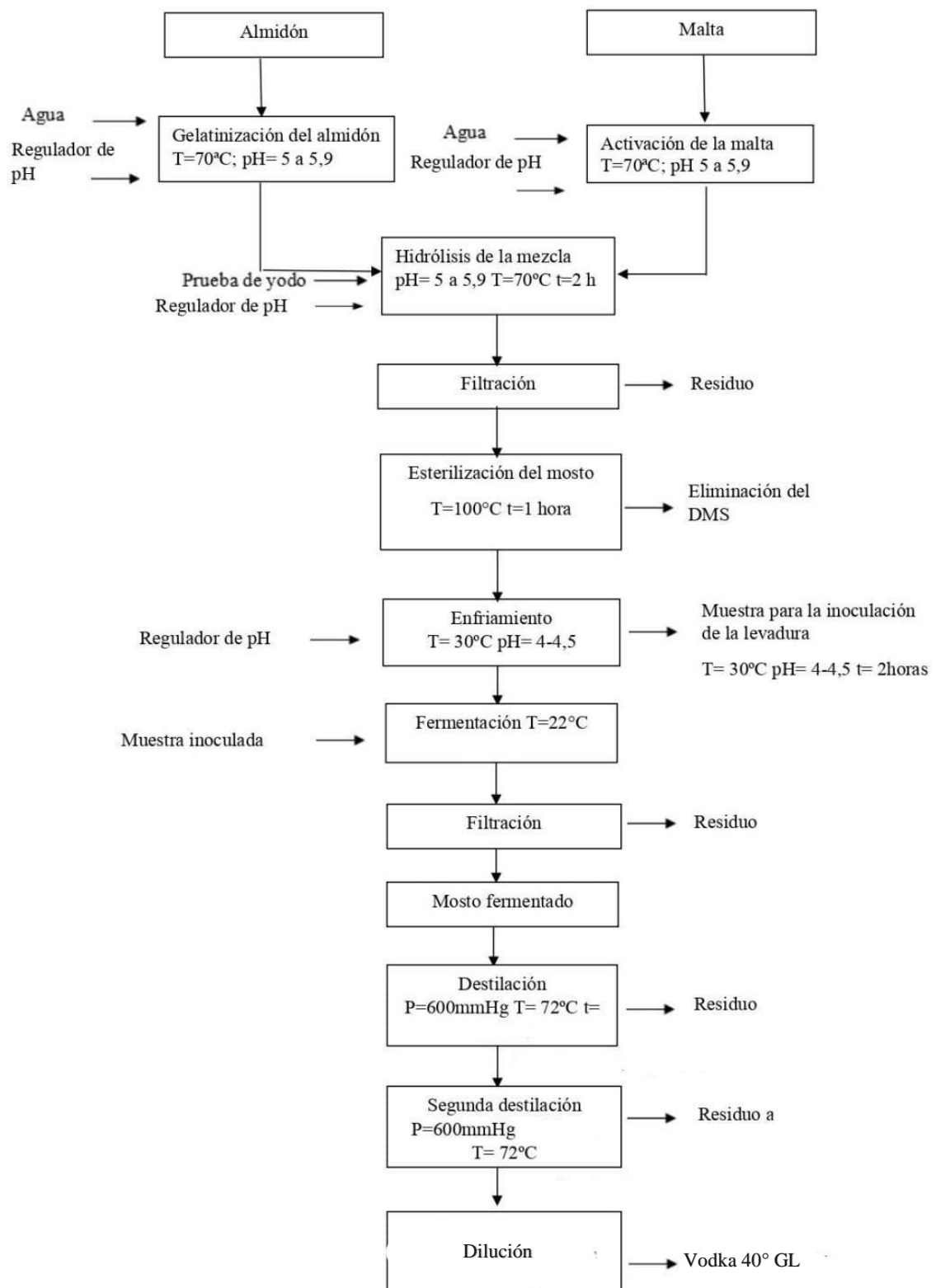


Ilustración 3-3: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del vodka.

Fuente: (Erazo 2022)

Realizado por: Yumbra, Stalyn,2023

3.2.3. Variables del proceso de obtención del vodka

Tabla 3-4: Variables de proceso en la obtención de vodka

Proceso	Variables			
	Temperatura °C	Tiempo h	pH	Presión mmHg
Gelatinización (almidón)	70	2	5,2- 5,5	-
Activación cebada malteada	70	2	5,2- 5,5	-
Activación de las enzimas	70-80	2	5,2.5,5	-
Inoculación (levadura)	25	1	4,5-5	-
Fermentación	18	168	5,5	-
Destilación	75	4	-	600
Envasado	T. ambiente	-	-	-

Realizado por: Yumbla, Stalyn, 2023

En la tabla anterior se presenta las variables de proceso de la producción del vodka, se identifica estas variables para asegurar el proceso, el rendimiento, la calidad y su eficiencia.

3.2.4. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

3.2.4.1. Maquinaria y materiales:

Tabla 3-5: Maquinaria y materiales

Fermentador
Tamiz
Licadora industrial
Probeta 1000ml
Probeta de 25ml
Probeta 100ml
Cuchillos
Refractómetro
Escaldador
PH metro

Mesas de acero inoxidable
Alcoholímetro
Rotavapor

Fuente: Laboratorio de Procesos Industriales, 2023

Realizado por: Stalyn Yumbra, 2023

Para realizar la obtención del vodka a partir de la papa china a nivel de laboratorio se utilizó los materiales y equipos mencionados en la tabla 5-3.

Tabla 3-6: Sustancias y Reactivos

Necesidad	Material
Materia prima	Papa china
Materia prima	Levadura
Materia prima	Agua embotellada
Materia prima	Enzimas
Suministro	Tamices moleculares
Suministro	Recipientes para las muestras
Suministro	Fermentador casero
Suministro	Rotavapor

Fuente: Laboratorio de Procesos Industriales, 2023

Realizado por: Stalyn Yumbra, 2023

3.2.5. Validación del Proceso

Validación del proceso para el vodka se encuentra bajo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 369 (BEBIDAS ALCOHÓLICAS. VODKA. REQUISITOS), en la cual presenta los requisitos que debe tener el producto.

Tabla 3-7: Requisitos físicos y químicos para la obtención de vodka.

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MAXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Grado alcohólico vodka a 20° C	% v/v	37,5	-	NTE INEN 340
Acidez total, como ácido acético	mg/100 cm ³ (*)	-	1,0	NTE INEN 340 o 2014
Ésteres, como acetato de etilo	mg/100 cm ³ (*)	-	1,3	NTE INEN 340 o 2014
Aldehídos, como etanal	mg/100 cm ³ (*)	-	0,2	NTE INEN 340 o 2014
Furfural	mg/100 cm ³ (*)	-	0,0	NTE INEN 340 o 2014
Alcoholes superiores (ver NOTA1)	mg/100 cm ³ (*)	-	0,7	NTE INEN 340 o 2014
Metanol	mg/100 cm ³ (*)	-	1,5	NTE INEN 340 o 2014
Tiempo de permanganato	Minutos	30	-	NTE INEN 1546
Congéneres	mg/100 cm ³ (*)	-	3,2	

El volumen de 100 cm³ corresponde al alcohol anhidro; 1 cm³ = 1 mL.

FUENTE: (INEN 369, 2016).

3.3. Diseño de proceso de obtención de vodka a nivel industrial

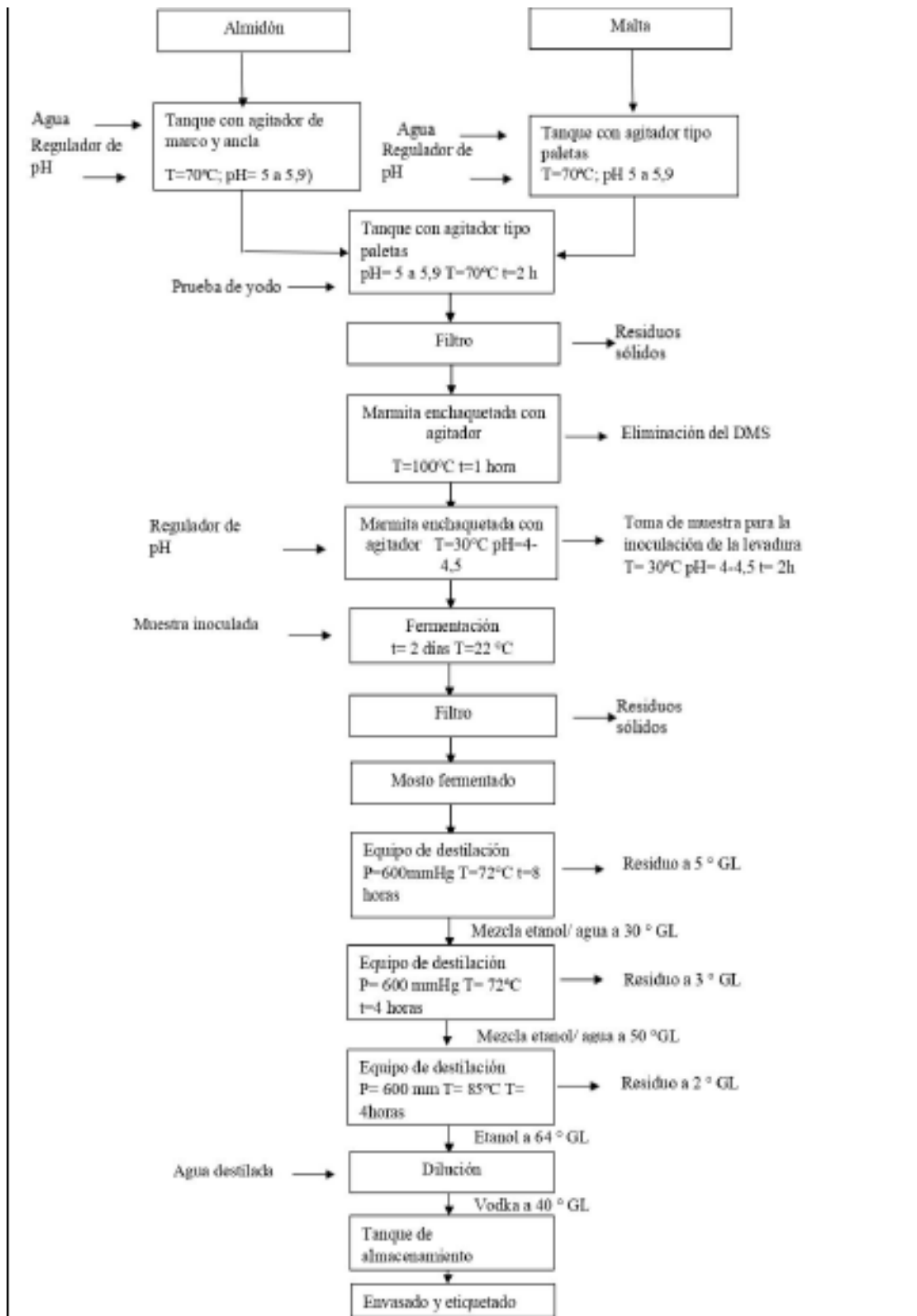


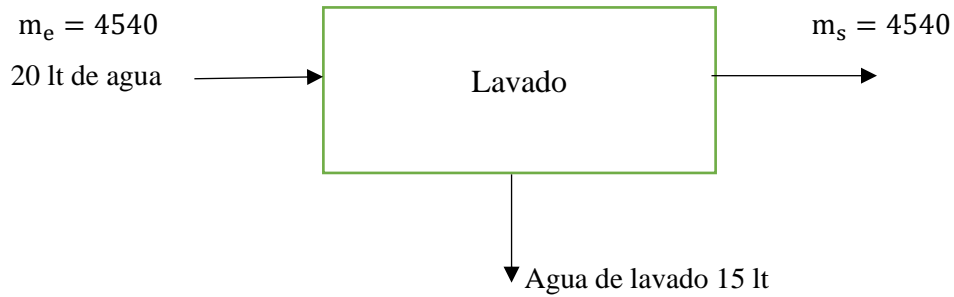
Ilustración 3-4: Diseño de proceso de obtención de vodka a nivel industrial

Fuente: Aristizábal & Sánchez, 2007

3.4. Balance de masa

3.4.1. Extracción del almidón

3.4.1.1. Lavado



Dónde:

m_e : masa de entrada de la papa china (g)

m_s : masa de salida de la papa china (g)

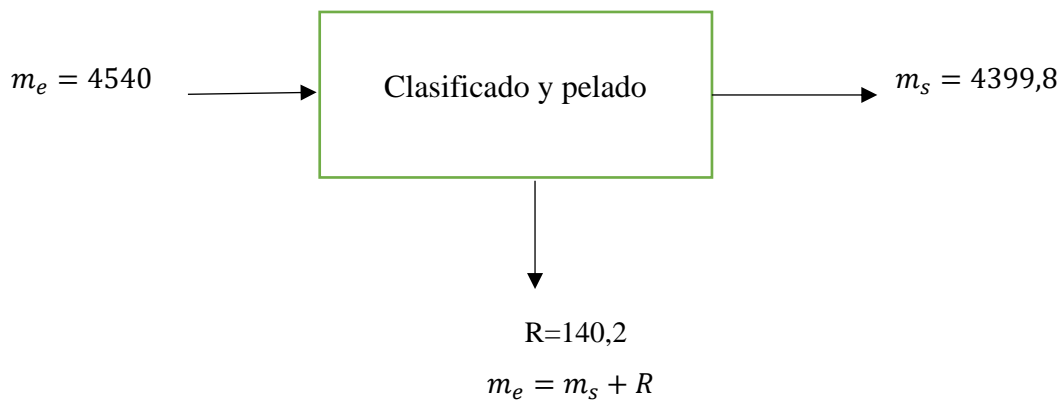
$$m_e = m_s$$

$$4540 = 4540$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{4540}{4540} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 100$$

3.4.1.2. Clasificado y pelado



Dónde:

m_e : masa de entrada de la papa china (g)

m_s : masa de salida de la papa china (g)

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

$$m_e = m_s + R$$

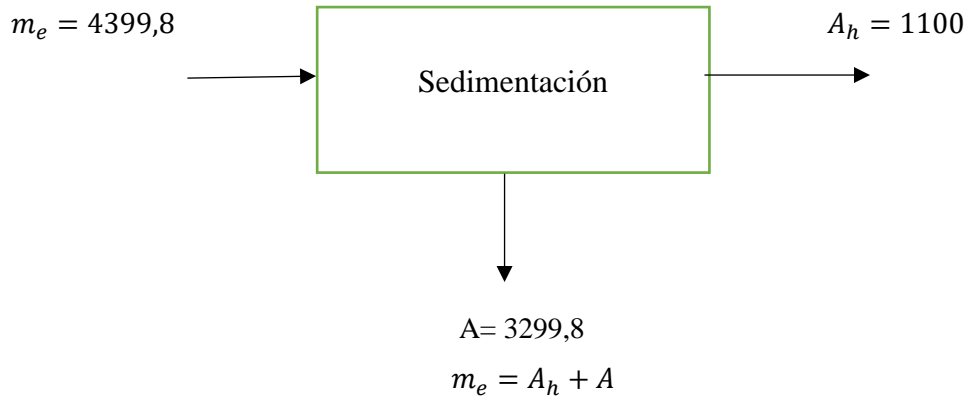
$$4540 = 4399,8 + 140,2$$

$$4540 = 4540$$

$$\text{Rendimiento} \frac{4399,8}{4540} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 96.9\%$$

3.4.1.3. Sedimentación



Dónde:

A_h : almidón húmedo (g)

m_e : mezcla a sedimentar (g)

A : Agua desechada (g)

$$m_e = A_h + A$$

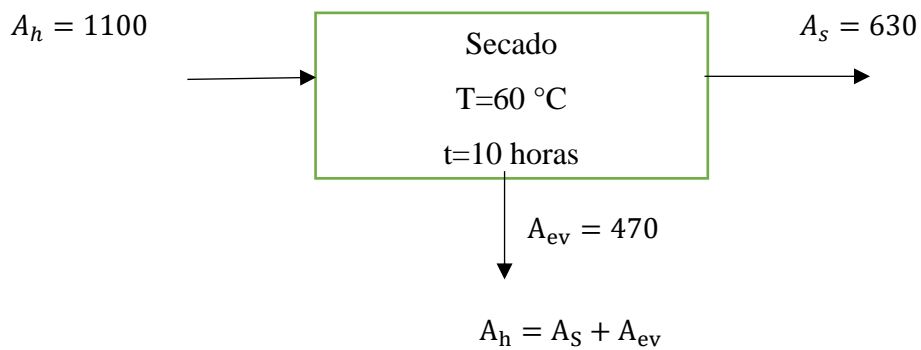
$$4399,8 = 3299,8 + 1100$$

$$4399,8 = 4399,8$$

$$\text{Rendimiento} \frac{1100}{4399,8} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 25\%$$

3.4.1.4. Secado



Dónde:

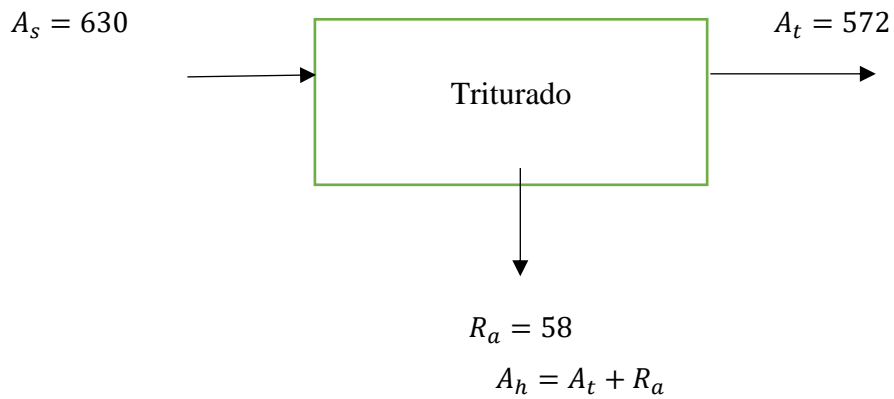
A_h : Almidón húmedo (g)

A_s : Almidón seco (g)

A_{ev} : Agua evaporada (g)

$$A_h = A_s + A_{ev}$$
$$1100 = 630 + 470$$
$$1100 = 1100$$
$$\text{Rendimiento } \frac{630}{1100} \times 100$$
$$\text{Rendimiento} = 57,2 \%$$

3.4.1.5. Triturado



Donde:

A_t : Almidón triturado (g)

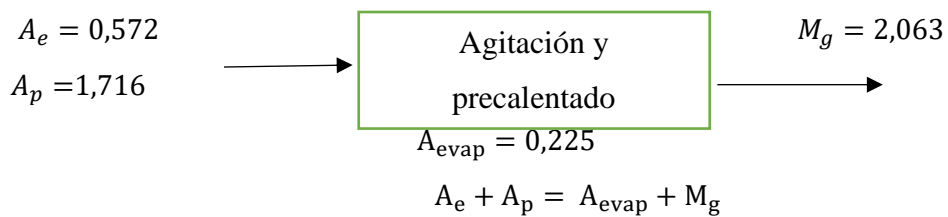
A_s : Almidón seco (g)

R_a : Pérdida de almidón (g)

$$A_h = A_t + R_a$$
$$630 = 572 + 58$$
$$630 = 630$$
$$\text{Rendimiento } \frac{572}{630} \times 100$$
$$\text{Rendimiento} = 90,7 \%$$

3.4.2. Elaboración del vodka

3.4.2.1. Calentamiento del almidón



Donde:

A_e : Almidón de la papa china (kg)

A_{evap} : Agua evaporada (kg)

A_p : Agua purificada (kg)

M_g : Mezcla de la gelatinización (kg)

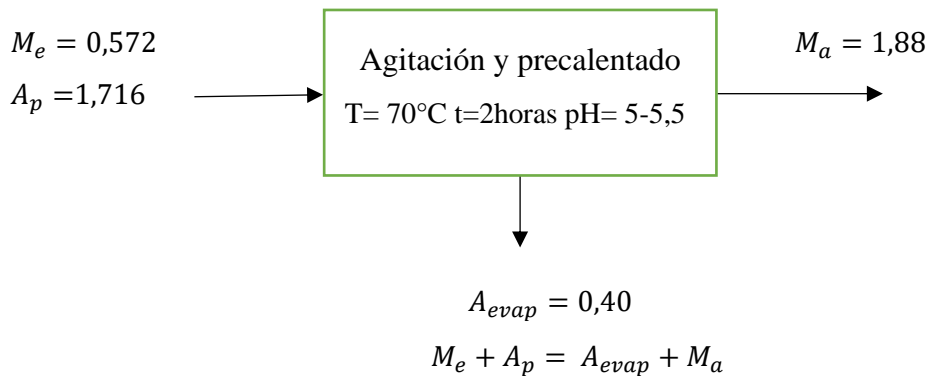
$$A_e + A_p = A_{evap} + M_g$$
$$0,572 + 1,716 = 0,225 + 2,063$$

$$2,288 = 2,288$$

$$\text{Rendimiento} \frac{2,063}{2,288} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 90,16 \%$$

3.4.2.2. Agitación y calentamiento de la malta



Dónde:

M_e : Malta (kg)

A_{evap} : Agua evaporada (kg)

A_p : Agua purificada (kg)

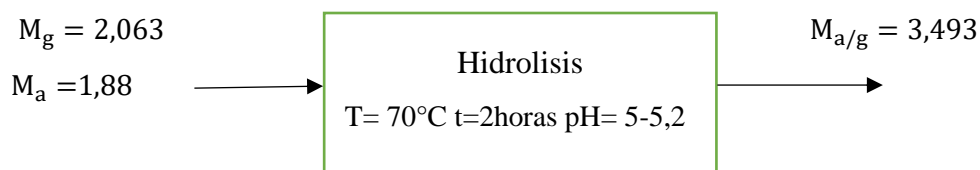
M_a : Malta activada (kg)

$$M_e + A_p = A_{evap} + M_a$$
$$0,572 + 1,716 = 0,40 + 1,88$$

$$2,28 = 2,28$$

$$\text{Rendimiento} \frac{1,88}{2,28} * 100 = 82,45 \%$$

3.4.2.3. Hidrolisis de la mezcla



$$A_{\text{evap}} = 0,45$$

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

Dónde:

M_g : Almidón gelatinizado (kg)

M_{evap} Agua evaporada (kg)

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

M_a : Malta activada (kg)

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

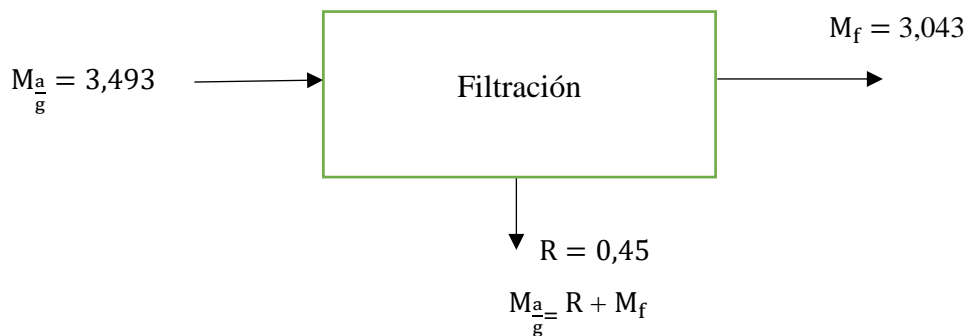
$$2,063 + 1,88 = 0,45 + 3,493$$

$$3,943 = 3,943$$

$$\text{Rendimiento} \frac{3,493}{3,943} \times 100 = 82,45 \%$$

$$\text{Rendimiento} = 88 \%$$

3.4.2.4. Filtrado de la mezcla



Donde:

M_f = Mezcla filtrada (kg)

M_{a_g} = Mezcla después de la hidrólisis (kg)

R = Residuo (kg)

$$M_{a_g} = R + M_f$$

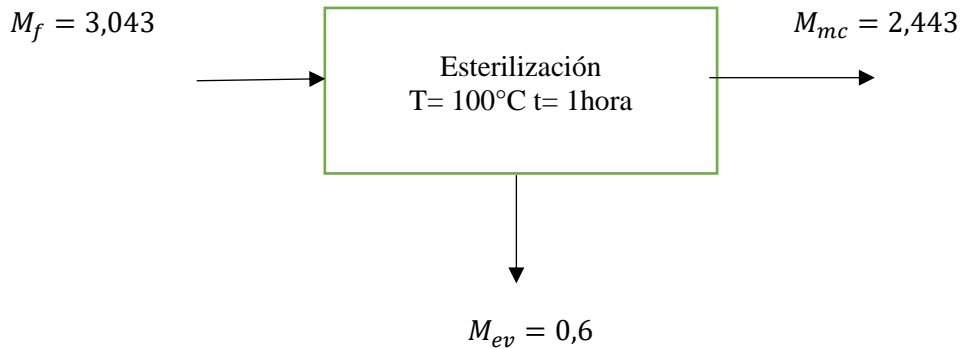
$$3,493 = 0,45 + 3,043$$

$$3,493 = 3,493$$

$$\text{Rendimiento} \frac{3,043}{3,493} \times 100$$

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

3.4.2.5. Eliminación del DMS



Dónde:

M_f = Mezcla filtrada (kg)

M_{mc} = Mezcla después del calentamiento (kg)

M_{ev} = Mezcla evaporada (kg)

$$M_f = M_{mc} + M_{ev}$$

$$3,043 = 2,443 + 0,6$$

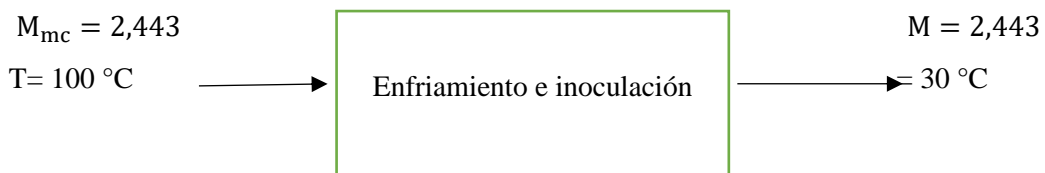
$$3,043 = 3,043$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{2,443}{3,043} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 80,28 \%$$

3.4.2.6. Enfriamiento de la mezcla e inoculación

Luego del enfriamiento de la mezcla se procedió a tomar una muestra para realizar la inoculación de la levadura, para que esta se active, para que al momento de pasar al proceso de la fermentación no tener inconvenientes y llevar el proceso de la mejor manera.



Dónde:

M_{mc} = Mezcla después del calentamiento (kg)

M = Mezcla a 30 °C (kg)

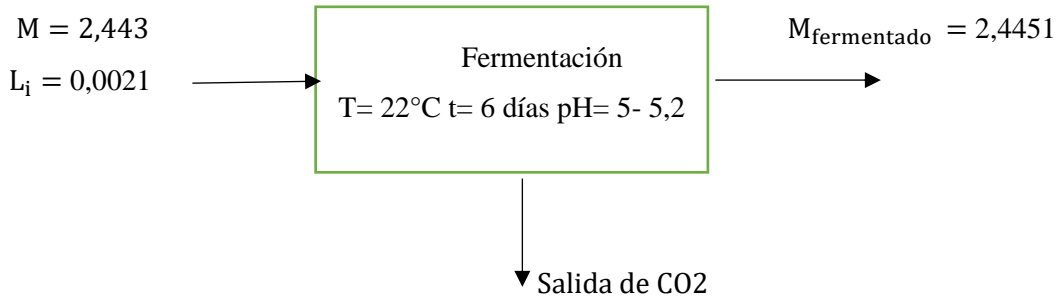
$$M_{mc} = M$$

$$2,443 = 2,443$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{2,443}{2,443} \times 100$$

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

3.4.2.7. Fermentación



Donde:

M=Mezcla almidón/agua sin DMS (kg)

M_{fermentado} = Mosto fermentado (kg)

L_i = Levadura inoculada (kg)

$$M + L_i = M_{\text{fermentado}}$$

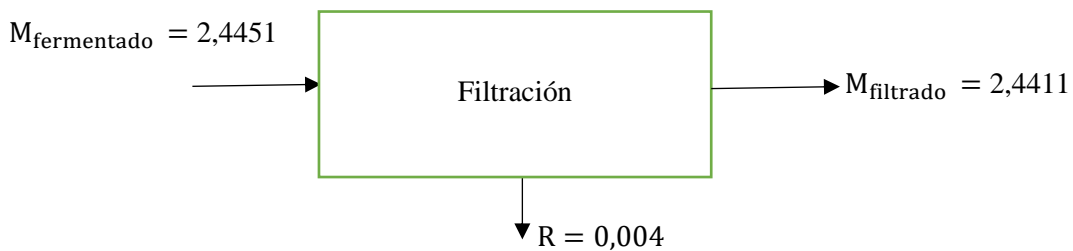
$$2,443 + 0,0021 = 2,4451$$

$$2,4451 = 2,4451$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{2,4451}{2,4451} \times 100$$

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

3.4.2.8. Filtración del mosto



Dónde:

M_{filtrado} = Mezcla filtrada (kg)

M_{fermentado} = Mezcla fermentada (kg)

R: Residuo (kg)

$$M_{\text{fermentado}} = R + M_{\text{filtrado}}$$

$$2,4451 = 0,004 + 2,4411$$

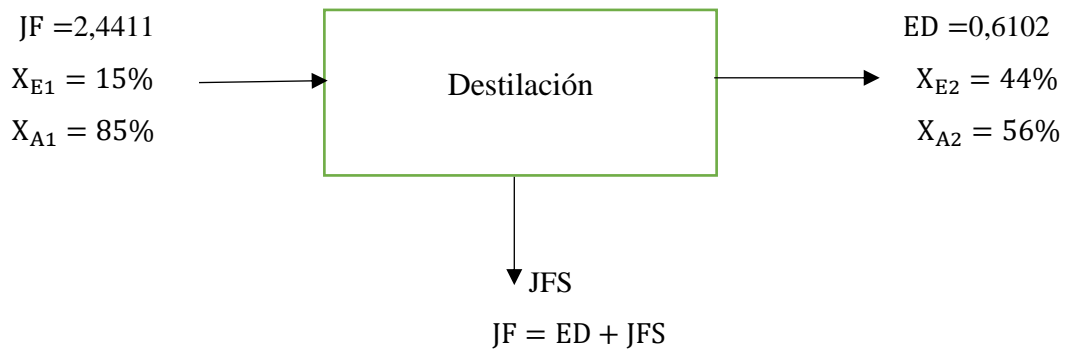
$$2,4451 = 2,4451$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{2,4411}{2,4451} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 99,83 \%$$

3.4.2.9. Destilación N°1

Para obtener los grados en la destilación se procedió a utilizar el alcoholímetro para obtener los grados de alcohol inicial y final



Donde:

JF= Mosto fermentado (L)

JFS= Mosto de fermentado sobrante (L)

ED = Cantidad de alcohol destilado (L)

$$\text{JFS} = \text{JF} - \text{ED}$$

$$\text{JFS} = 2,4411 - 0,6102$$

$$\text{JFS} = 1,8309 \text{ L}$$

- Balance parcial del etanol

$$X_{E1} * \text{JF} = X_{E2} * \text{ED} + X_{E3} * \text{JFS}$$

$$X_{E3} = \frac{X_{E1} * \text{JF} - X_{E2} * \text{ED}}{\text{JFS}}$$

$$X_{E3} = \frac{0,15 * 2,4411 \text{ L} - 0,44 * 0,6102}{1,8309}$$

$$X_{E3} = 0,0533$$

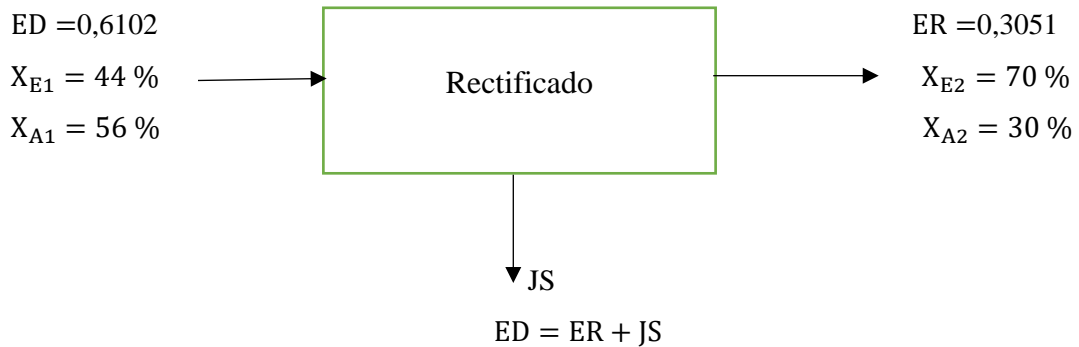
$$X_{E3} = 5,3349 \%$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que entra}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,6102}{2,4411} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 24,99 \%$$

3.4.2.10. Rectificación (segunda destilación)



Donde:

ER= Cantidad de alcohol rectificado (L)

JS= Alcohol residual (L)

ED = Cantidad de alcohol destilado (L)

$$JS = ED - ER$$

$$JS = 0,6102 - 0,3051$$

$$JS = 0,3051$$

Balance parcial del etanol

$$X_{E1} * ED = X_{E2} * ER + X_{E3} * JS$$

$$X_{E3} = \frac{X_{E1} * ED - X_{E2} * ER}{JS}$$

$$X_{E3} = \frac{0,44L * 0,6102 - 0,7 * 0,3051}{0,3051}$$

$$X_{E3} = 0,18$$

$$X_{E3} = 18\%$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que entra}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{0,3051}{0,6102} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 49,85\%$$

3.5. Balance de energía

3.5.1. Secado del almidón de la papa china

Para el secado se empezó con una temperatura de 20 °C (°T ambiente) hasta los 60 °C

3.5.1.1. Balance de energía general

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

$$\Delta H = Q$$

$$Q = m_{\text{almidon}} * C_p + \Delta T$$

Donde:

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

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

ΔH = variación de entalpía (J)

Q = calor (J)

W = trabajo (J)

3.5.1.2. Cálculo del calor sensible para el almidón de la papa china

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

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

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

Donde:

Q_{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

3.5.1.3. Calor suministrado a la papa china

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

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

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

Donde

Q_s = calor suministrado (KJ/kg)

Q_{latente} = calor latente del agua

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

3.5.1.4. Cálculo de la capacidad calorífica del almidón de la papa china

$$Q = m_{\text{almidon}} * C_p * \Delta T$$
$$C_p = \frac{Q}{m_{\text{almidon}} * \Delta T}$$
$$C_p = \frac{227,7}{0,63 \text{ kg} * (60 - 20)^\circ\text{C}}$$
$$C_p = 9,03 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

Dónde:

Q= calor ganado del almidón

m_{almidon} = peso del almidón en kg

C_p = capacidad calorífica del almidón kJ/kg°C

ΔT = variación de temperatura en °C

3.5.1.5. Cálculo del calor ganado por el almidón de la papa china

$$Q = m_{\text{almidon}} * C_p * \Delta T$$
$$Q = 0,63 * 9,03 * (60 - 20)^\circ\text{C}$$
$$Q = 227,6 \text{ kJ}$$

Dónde:

m_{almidon} = peso del almidón en kg

C_p = capacidad calorífica del almidón kJ/kg°C

ΔT = variación de temperatura en °C

3.5.1.6. Cálculo de la entalpía del almidón de la papa china

$$h_{\text{almidon}} = C_p * \Delta T$$
$$h_{\text{almidon}} = 9,03 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (60 - 20)^\circ\text{C}$$
$$h_{\text{almidon}} = 361,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Dónde:

h_{almidon} = Entalpía del almidón en kJ/kg

C_p = capacidad calorífica del almidón kJ/kg°C

ΔT = variación de temperatura en °C

3.5.1.7. *Cálculo del calor requerido para evaporar el agua del almidón de la papa china*

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

$$Q_{\text{agua}} = 0,47 \text{ kg} * 2257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{agua}} = 1060,79 \text{ kJ}$$

Dónde:

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

m_{agua} = masa de agua evaporada (kg)

Q_{latente} = calor latente (kJ/kg)

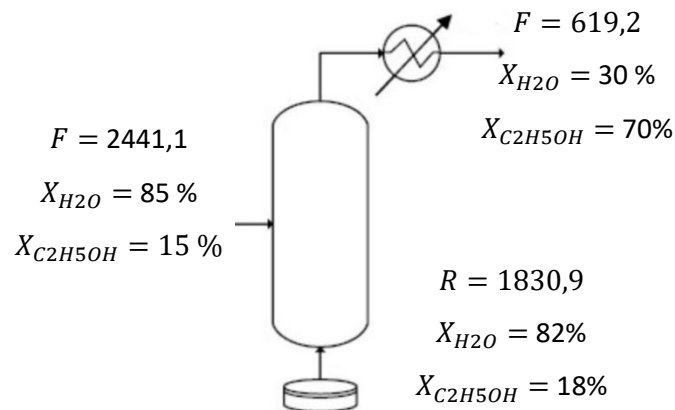
3.5.1.8. *Cálculo del calor total en el secado del almidón de la papa china*

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

$$Q_{\text{total}} = 1060,79 \text{ kJ} + 227,6 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{total}} = 1288,39 \text{ KJ}$$

3.5.2. *Destilación*



3.5.2.1. *Flujo másico de la alimentación (mosto fermentado)*

Para realizar este cálculo se va a utilizar la densidad del mosto de la papa china que es 1,02 g/ml

$$\dot{m}_F = \frac{V_{MF} * \rho_{MF}}{t}$$

$$\dot{m}_F = \frac{2,4411 \text{ L} * 1,02 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}}{8 \text{ h}}$$

$$\dot{m}_F = 0,311 \frac{Kg}{h}$$

3.5.2.2. Flujo másico del destilado

Para realizar este cálculo se va a utilizar la densidad del etanol que es 0,789 g/ml

$$\dot{m}_{ED} = \frac{V_{ED} * \rho_{ED}}{t}$$

$$\dot{m}_{ED} = \frac{0,6102L * 0,789 \frac{Kg}{L}}{8h}$$

$$\dot{m}_{ED} = 0,0602 \frac{Kg}{h}$$

3.5.2.3. Flujo másico del residuo

$$\dot{m}_R = \frac{V_R * \rho_R}{t}$$

$$\dot{m}_R = \frac{1,8309 L * 1,02 \frac{Kg}{L}}{8h}$$

$$\dot{m}_R = 0,2334 \frac{Kg}{h}$$

3.5.2.4. Cálculo del calor absorbido en el condensador

$$Q_{\text{absorbido}} = \dot{m} * H_c$$

$$Q_{\text{absorbido}} = \frac{2,4411L * 1,02 \frac{Kg}{L}}{8h} * 1950 \frac{kJ}{kg}$$

$$Q_{\text{absorbido}} = 606,45 \frac{kJ}{kg}$$

Dónde:

H_c = Entalpia del vapor saturado

$Q_{\text{absorbido}}$ = Calor absorbido en el condensador

3.5.2.5. Balance general de energía

$$F * h_{mf} + Q_r = D * h_d + R * h_r + Q_{\text{absorbido}}$$

$$0,311 \frac{Kg}{h} * h_{mf} + Q_r = 0,0602 \frac{Kg}{h} * h_d + 0,2334 \frac{Kg}{h} * h_r + 606,45 \frac{kJ}{kg}$$

Dónde:

$Q_{absorbido}$ = Calor absorbido en el condensador

Q_r = Calor cedido por una estufa

3.6. Diseño de equipos

3.6.1. *Tanque con agitador industrial de marco y ancla para la mezcla homogénea almidón/agua*

3.6.1.1. *Volumen del tanque de agitación almidón y agua*

Para preparar dos lotes de 100 litros de almidón y agua en metros cúbicos sería $0,1m^3$, se calcula el volumen del tanque de agitación.

$$V_{TA} = \frac{V_{al}}{h_{2o}} * f_s$$

$$V_{TA} = 0,1 m^3 * 1,15$$

$$V_{TA} = 0,115m^3$$

Dónde:

$\frac{V_{al}}{h_{2o}}$ = volumen de la mezcla almidón y H₂O

f_s =factor de seguridad al 15%

V_{TA} =Volumen del tanque de agitación almidón y H₂O

3.6.1.2. *Diámetro interno del tanque de agitación almidón y agua*

$$\phi_{TA} = \sqrt[3]{\frac{3 * V_{TA}}{4\pi}} * 2$$

$$\phi_{TA} = \sqrt[3]{\frac{3 * 0,115m^3}{4\pi}} * 2$$

$$\phi_{TA} = 0,603 m$$

Dónde:

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

ϕ_{TA} =Diámetro del tanque de agitación.

3.6.1.3. *Altura del tanque de agitación almidón/ agua*

$$h_{TA} = \frac{V_{TA}}{\pi r^2}$$
$$h_{TA} = \frac{0,115 \text{ m}^3}{\pi \left(\frac{0,603\text{m}}{2}\right)^2}$$
$$h_{TA} = 0,4027\text{m}$$

Dónde:

V_{TA} =Volumen del tanque de agitación almidón/ agua

r = radio interno del tanque de agitación

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

3.6.1.4. *Área de transferencia de calor*

$$A = 2\pi r h + 2\pi r^2$$
$$A = 2\pi(0,3015)(0,4027) + 2\pi(0,3015)^2$$
$$A = 1,3340\text{m}^2$$

Dónde:

r = radio del tanque de agitación almidón/agua

h =altura del tanque de agitación almidón/agua

3.6.1.5. *Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque*

$$h_{cag} = h_{TA} \times f_s$$
$$h_{cag} = 0,4027\text{m} \times 1,15$$
$$h_{cag} = 0,4631 \text{ m}$$

Dónde:

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

f_s = factor de seguridad

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

3.6.1.6. *Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque*

$$\phi_{cag} = \phi_{TA} \times f_s$$
$$\phi_{cag} = 0,603\text{m} \times 1,15$$
$$\phi_{cag} = 0,6935$$

Dónde:

ϕ_{TA} = Diámetro del tanque de agitación

fs = factor de seguridad

ϕ_{cag} = Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque

3.6.1.7. Longitud del brazo del sistema de agitación

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

$$L_{SA} = \frac{5}{8} \times 0,603 \text{ m}$$

$$L_{SA} = 0,3769 \text{ m}$$

Dónde:

ϕ_{TA} = Diámetro del tanque de agitación almidón y H₂O

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

3.6.1.8. Diámetro del agitador para el tanque de almidón/agua

$$\phi_{AA} = \frac{1}{10} \times L_{SA}$$

$$\phi_{AA} = \frac{1}{10} \times 0,3769 \text{ m}$$

$$\phi_{AA} = 0,03769 \text{ m}$$

Dónde:

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

ϕ_{AA} = Diámetro del agitador para el tanque de almidón y H₂O

3.6.1.9. Diámetro del rodete

$$\phi_{rA} = \frac{3}{4} \times \phi_{TA}$$

$$\phi_{rA} = \frac{3}{4} \times 0,603 \text{ m}$$

$$\phi_{rA} = 0,45225 \text{ m}$$

Dónde:

ϕ_{TA} = Diámetro del tanque de agitación almidón/agua

ϕ_{rA} = Diámetro del rodete

3.6.1.10. *Distancia entre el fondo del tanque y el rodete*

$$\begin{aligned}X &= h_{TA} - L_{SA} \\X &= 0,4027 \text{ m} - 0,3769 \text{ m} \\X &= 0,0258 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

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

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

X = distancia entre el fondo del tanque y el rodete

3.6.1.11. *Altura de la paleta*

$$\begin{aligned}A_p &= \frac{1}{5} X L_{SA} \\A_p &= \frac{1}{5} x 0,3769 \text{ m} \\A_p &= 0,0754 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

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

A_p = altura de la paleta

3.6.1.12. *Distancia entre rejillas*

$$\begin{aligned}X_{re} &= \frac{L_{SA}}{4} \\X_{re} &= \frac{0,3769 \text{ m}}{4} \\X_{re} &= 0,0942 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

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

X_{re} = Distancia entre rejillas

3.6.2. Tanque con agitador industrial modelo tipo paletas para la mezcla malta y H2O

3.6.2.1. Volumen del tanque de agitación malta y H2O

Procedemos a calcular el volumen del tanque de agitación sabiendo que vamos a utilizar un lote de producción de 100 litros diarios y el volumen que ocupa la mezcla de malta y H2O es $0,1 \text{ m}^3$.

$$V_{TMA} = \frac{V_{ma}}{ag} \times f_s$$
$$V_{TMA} = 0,1 \text{ m}^3 \times 1,15$$
$$V_{TMA} = 0,115 \text{ m}^3$$

Donde:

$\frac{V_{ma}}{ag}$ = volumen de la mezcla malta y H2O

f_s = factor de seguridad al 15%

V_{TMA} = Volumen del tanque de agitación malta y agua

3.6.2.2. Diámetro interno del tanque de agitación de la mezcla malta y H2O

$$\phi_{TMA} = \sqrt[3]{\frac{3 \times V_{TMA}}{4\pi} \times 2}$$
$$\phi_{TMA} = \sqrt[3]{\frac{3 \times 0,115 \text{ m}^3}{4\pi} \times 2}$$
$$\phi_{TMA} = 0,603 \text{ m}$$

Dónde:

V_{TMA} : Volumen del tanque de agitación malta y H2O

ϕ_{TMA} = Diámetro del tanque de agitación.

3.6.2.3. Altura del tanque de agitación malta y H2O

$$h_{TMA} = \frac{V_{TMA}}{\pi r^2}$$
$$h_{TMA} = \frac{0,115 \text{ m}^3}{\pi \left(\frac{0,603 \text{ m}}{2}\right)^2}$$
$$h_{TMA} = 0,4027 \text{ m}$$

Dónde:

V_{TMA} = Volumen del tanque de agitación malta y H2O

r = radio interno del tanque de agitación

h_{TMA} = Altura del tanque de agitación malta y H₂O

3.6.2.4. Área de transferencia de calor

$$A = 2\pi rh + 2\pi r^2$$
$$A = 2\pi(0,3015)(0,4027) + 2\pi(0,3015)^2$$
$$A = 1,3340 \text{ m}^2$$

Dónde:

r = radio del tanque de agitación malta y H₂O

h = altura del tanque de agitación malta y H₂O

3.6.2.5. Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque

$$h_{cmg} = h_{TMA} \times f_s$$
$$h_{cmg} = 0,4027 \text{ m} \times 1,15$$
$$h_{cmg} = 0,4631 \text{ m}$$

Dónde:

h_{TMA} = Altura del tanque de agitación malta y H₂O

f_s = factor de seguridad (15%)

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

3.6.2.6. Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque

$$\phi_{cmg} = \phi_{TMA} \times f_s$$
$$\phi_{cmg} = 0,603 \text{ m} \times 1,15$$
$$\phi_{cmg} = 0,6935 \text{ m}$$

Dónde:

ϕ_{TMA} = Diámetro del tanque de agitación

f_s = factor de seguridad (15%)

ϕ_{cmg} = Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque

3.6.2.7. Longitud del brazo del sistema de agitación

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

$$L_{SA} = \frac{5}{8} \times 0,603 \text{ m}$$

$$L_{SA} = 0,3769 \text{ m}$$

Dónde:

\emptyset_{TMA} = Diámetro del tanque de agitación malta y H₂O

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

3.6.2.8. Diámetro del agitador de la mezcla malta y H₂O

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

$$D_{AA} = \frac{1}{3} \times 0,3769 \text{ m}$$

$$D_{AA} = 0,1256 \text{ m}$$

Dónde:

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

D_{AA} = Diámetro del agitador para el tanque de almidón/agua

3.6.2.9. Ancho de la hoja del impulsor

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

$$W = \frac{1}{6} \times 0,1256 \text{ m}$$

$$W = 0,0209 \text{ m}$$

Dónde:

D_{AA} = Diámetro del agitador de la mezcla malta y H₂O

W = Ancho de la hoja del impulsor

3.6.2.10. Distancia del impulsor con respecto al fondo del tanque de agitación malta y H₂O

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

$$X = 0,4027 \text{ m} - 0,3769 \text{ m}$$

$$X = 0,0258 \text{ m}$$

Dónde:

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

h_{TMA} = Altura del tanque de agitación malta y H₂O

X = Distancia entre el fondo del tanque y el rodete

3.6.2.11. Longitud de las paletas del impulsor

$$L = \frac{3}{5} \times L_{SA}$$
$$L = \frac{3}{5} \times 0,3769 \text{ m}$$
$$L = 0,225 \text{ m}$$

Dónde:

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

L = Longitud de las paletas del impulsor

3.6.2.12. Distancia entre paletas

$$D_{ET} = \frac{2}{3} \times \phi_{TMA}$$
$$D_{ET} = \frac{2}{3} \times 0,603 \text{ m}$$
$$D_{ET} = 0,402 \text{ m}$$

Dónde:

ϕ_{TMA} = Diámetro del tanque de la mezcla malta y H₂O

D_{ET} = Distancia entre paletas

3.6.3. Tanque con agitador industrial tipo paletas para la mezcla malta/H₂O y almidón/H₂O

3.6.3.1. Volumen del tanque de agitación malta y H₂O; almidón y H₂O

Al realizar los cálculos correspondientes de las mezclas malta/H₂O y almidón /H₂O se obtuvo que el volumen de la mezcla es de 0,2 m³, se procede a realizar el cálculo del volumen del tanque.

$$V_{THM} = V_{MT} \times f_s$$
$$V_{THM} = 0,2 \text{ m}^3 \times 1,15$$
$$V_{THM} = 0,23 \text{ m}^3$$

Donde:

V_{MT} = Volumen de las mezclas malta/H₂O y almidón /H₂O

f_s = Factor de seguridad al 15%

V_{THM} = Volumen del tanque de agitación malta/H₂O y almidón /H₂O

3.6.3.2. *Diámetro interno del tanque de agitación de la mezcla malta y H2O; almidón y H2O*

$$\begin{aligned}\phi_{T_{HM}} &= \sqrt[3]{\frac{3 \times V_{T_{HM}}}{4\pi}} \times 2 \\ \phi_{T_{HM}} &= \sqrt[3]{\frac{3 \times 0,23 \text{ m}^3}{4\pi}} \times 2 \\ \phi_{T_{HM}} &= 0,7602 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

$V_{T_{MA}}$: Volumen del tanque de agitación malta/H2O y almidón /H2O

$\phi_{T_{MA}}$ =Diámetro del tanque de agitación.

3.6.3.3. *Altura del tanque de agitación malta y H2O; almidón y H2O*

$$\begin{aligned}h_{T_{HM}} &= \frac{V_{T_{HM}}}{\pi r^2} \\ h_{T_{HM}} &= \frac{0,23 \text{ m}^3}{\pi \left(\frac{0,7602 \text{ m}}{2}\right)^2} \\ h_{T_{HM}} &= 0,5067 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

$V_{T_{MA}}$ =Volumen del tanque de agitación malta/H2O y almidón /H2O

r = radio interno del tanque de agitación

$h_{T_{MA}}$ = Altura del tanque de agitación malta/H2O y almidón /H2O

3.6.3.4. *Área de transferencia de calor*

$$\begin{aligned}A &= 2\pi r h + 2\pi r^2 \\ A &= 2\pi(0,3801)(0,5067) + 2\pi(0,3801)^2 \\ A &= 2,1178 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Dónde:

r= radio del tanque de agitación malta/H2O y almidón /H2O

h=altura del tanque de agitación malta/H2O y almidón /H2O

3.6.3.5. *Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de agitación de la mezcla malta/H2O y almidón /H2O*

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

$$h_{cm} = 0,5067m \times 1,15$$

$$h_{cm} = 0,5827 m$$

Dónde:

h_{THM} = Altura del tanque de agitación de la mezcla malta/H2O y almidón /H2O

f_s = factor de seguridad (15%)

h_{cm} = Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de agitación de la mezcla malta/H2O y almidón /H2O.

3.6.3.6. Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque

$$\phi_{ama} = \phi_{THM} \times f_s$$

$$\phi_{ama} = 0,7602 m \times 1,15$$

$$\phi_{ama} = 0,8742 m$$

Dónde:

ϕ_{THM} =Diámetro del tanque de agitación de la mezcla malta/H2O y almidón /H2O

f_s = factor de seguridad (15%)

ϕ_{ama} =Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque

3.6.3.7. Diámetro del impulsor

$$D_I = \frac{1}{3} \times \phi_{THM}$$

$$D_I = \frac{1}{3} \times 0,7602 m$$

$$D_I = 0,2534 m$$

Dónde:

ϕ_{THM} =Diámetro del tanque de agitación de la mezcla malta/H2O y almidón /H2O

D_I = Diámetro del impulsor

3.6.3.8. Ancho de la hoja del impulsor de la mezcla malta/H2O y almidón /H2O

$$W = \frac{1}{6} \times D_I$$

$$W = \frac{1}{6} \times 0,2534 m$$

$$W = 0,0422 m$$

Dónde:

D_I = Diámetro del impulsor

W = Ancho de la hoja del impulsor de la mezcla

3.6.3.9. Longitud del brazo del sistema de agitación

$$L_{SA} = \frac{5}{8} X \phi_{THM}$$

$$L_{SA} = \frac{5}{8} X 0,7602 \text{ m}$$

$$L_{SA} = 0,4751 \text{ m}$$

Dónde:

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

ϕ_{THM} = Diámetro del tanque de agitación de la mezcla

3.6.3.10. Distancia del impulsor con respecto al fondo del tanque de agitación

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

$$X = 0,5067 \text{ m} - 0,4751 \text{ m}$$

$$X = 0,0316 \text{ m}$$

Dónde:

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

h_{THM} = Altura del tanque de agitación mezcla malta/H₂O y almidón /H₂O

X = Distancia del impulsor con respecto al fondo del tanque

3.6.3.11. Longitud de las paletas del impulsor

$$L = \frac{1}{4} x D_I$$

$$L = \frac{1}{4} x 0,2534 \text{ m}$$

$$L = 0,0634 \text{ m}$$

Dónde:

D_I = Diámetro del impulsor

L = Longitud de las paletas del impulsor

3.6.3.12. Distancia entre paletas del agitador del tanque

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

$$D_{ET} = \frac{2}{3} \times 0,7602 \text{ m}$$

$$D_{ET} = 0,5068 \text{ m}$$

Dónde:

ϕ_{TMA} = Diámetro del tanque de la mezcla malta/H₂O y almidón /H₂O

D_{ET} = Distancia entre paletas del agitador

3.6.4. Diseño del filtrador

Para poder realizar una buena filtración en el proceso y evitar que las partículas sólidas se mezclen en las tuberías de seguimiento se utilizará un filtro sanitario SS316 agua bebidas industrias de alimentos espejo pulido filtro sanitario abrazadera ángulo colador Filtro de cerveza con cuerpo de abrazadera, a continuación, se presenta las características del filtro.

Tabla 3-8: Características del filtro

Nombre del producto	SS316 agua bebidas industrias de alimentos espejo pulido filtro sanitario abrazadera ángulo colador Filtro de cerveza con cuerpo de abrazadera.
Tamaño	DN25-DN100,1 "-4"
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
Malla	Malla de Metal perforado Placa de alambre de cuña.
Luz de malla	4 μm

Fuente: (Alibaba,2020)

Realizado por: Stalyn, Y,2023

3.6.5. Marmita enchaquetada con agitador

Este equipo se va a diseñar para eliminar un grupo de aromas en este caso el dimetil sulfuro (DMS), ya que esto se produce en el mosto durante la elaboración del producto, esto se debe a los compuestos que existe en la malta, entonces este equipo se va a encargar de calentar la mezcla y eliminar el DMS, para luego el mismo equipo ser utilizado para el enfriado y para el proceso de la fermentación.

3.6.5.1. Volumen de la marmita

Para realizar el cálculo del volumen del equipo utilizamos el volumen de la mezcla que es $0,1m^3$

$$\begin{aligned}V_{TA} &= V_{HM} \times (1 + f_s) \\V_{TA} &= 0,1 m^3 \times (1 + 1,15) \\V_{TA} &= 0,215m^3\end{aligned}$$

Dónde:

V_{HM} = Volumen de la hidrólisis mezcla

f_s = factor de seguridad del 15%

V_{TA} = Volumen de la marmita

3.6.5.2. Diámetro de la marmita

$$\begin{aligned}V_T &= V_{Cilindro} + V_{semiesfera} \\V_T &= \frac{\pi}{4} * d_T^2 * h_T + \frac{\pi}{12} * d_T^3 \\h_{Tnq} &= 1,20 * d_T \\V_T &= \frac{\pi}{4} * d_T^2 * 1,20 * d_T + \frac{\pi}{12} * d_T^3 \\d_{TMA} &= \left(\frac{12 * V_{Tnq}}{\pi * (3 * 1,20 + 1)} \right)^{\frac{1}{3}}\end{aligned}$$

Donde:

H_T = altura de la marmita

V_T =volumen de la marmita

D_{ag} =diámetro interno de la marmita

$$\begin{aligned}d_{TMA} &= \sqrt[3]{\frac{12 * 0,215m^3}{\pi * (3 * 1,20) + 1}} \\d_{TMA} &= 0,594 m\end{aligned}$$

3.6.5.3. *Altura de la marmita*

$$h_{TMA} = 1,20 * d_{TMA}$$
$$h_{TMA} = 1,20 * 0,594 \text{ m}$$
$$h_{TMA} = 0,712 \text{ m}$$

3.6.5.4. *Espesor de la plancha para la marmita*

Tabla 3-9: Espesores de la plancha

Diámetro nominal (m)	Espesor mínimo (mm)
< 15.24	3
15.24 - 36.576	6.35
35.576 – 60.96	7.93
> 60.96	9.52

Fuente: (Aro,2011,pag 60)

Mediante la tabla tenemos que el espesor es de 3 mm, lo cual se obtuvo un diámetro de 0,594 m.

3.6.5.5. *Área de transferencia de calor*

$$A = 4 * \pi * r^2$$
$$A = 4 * \pi * (0,297)^2$$
$$A = 1,1084 \text{ m}^2$$

3.6.5.6. *Altura de la chaqueta de la marmita*

$$h_{cm} = h_{TMA} * f_s$$
$$h_{cm} = 0,712 * 1,15$$
$$h_{cm} = 0,8188$$

Dónde:

h_{TMA} = altura de la marmita

f_s = factor de seguridad del 15%

3.6.5.7. Diámetro de la chaqueta de la marmita

$$\begin{aligned}\phi_{cm} &= d_{TMA} * f_s \\ \phi_{cm} &= 0,594 \text{ m} * 1,15 \\ \phi_{cm} &= 0,6831 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

d_{TMA} = Diámetro de la marmita

f_s = Factor de seguridad del 15%

3.6.5.8. Longitud del agitador

$$L_{AMA} = 1.03 * d_{TMA}$$

Dónde:

L_{AMA} = Longitud del agitador

d_{TMA} = Diámetro interno de la marmita

$$\begin{aligned}L_{AMA} &= 1.03 * d_{TMA} \\ L_{AMA} &= 1,03 * 0,594 \text{ m} \\ L_{AMA} &= 0,6118 \text{ m}\end{aligned}$$

3.6.5.9. Espesor del agitador

$$\begin{aligned}E_{AMA} &= \frac{1}{10} * L_{AMA} \\ E_{AMA} &= \frac{1}{10} * 0,6118 \text{ m} \\ E_{AMA} &= 0,06118 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

L_{AMA} = Longitud del agitador

E_{AMA} = Espesor del agitador

3.6.5.10. Diámetro del agitador

$$\begin{aligned}d_{AMA} &= \frac{9}{10} * d_{TMA} \\ d_{AMA} &= \frac{9}{10} * 0,594 \text{ m}\end{aligned}$$

$$d_{AMA} = 0,5346$$

Dónde:

d_{TMA} = Diámetro de la marmita

d_{AMA} = Diámetro del agitador

3.6.5.11. Distancia entre el fondo del tanque y agitador

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

$$X = 0,712 - (0,6118 \text{ m} + 0,06118 \text{ m})$$

$$X = 0,039 \text{ m}$$

Dónde:

L_{AMA} = Longitud del agitador

h_{TMA} = Altura de la marmita

E_{AMA} = Espesor del agitador

3.6.6. Equipo de destilación

Para la destilación se requiere de un equipo industrial de línea de producción de vodka, en la siguiente tabla se observa las características del equipo.

Tabla 3-10: Características del equipo para la 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: Yumbra, Stalyn,2023

Procedemos a calcular las medidas de la columna de destilación.

3.6.6.1. Columna de destilación

Tabla 3-11: Datos adicionales para el cálculo 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	Grado alcohólico del mosto
0,789 g/ml	46,06 g/mol	18,01 g/mol	20,6 N/m	95°C	760 mmHg	15 °GL

Realizado por: Yumbla, Stalyn, 2023

- Fracción molar de la alimentación

En el fermentado de papa china hay 15 °GL (15 ml/100 ml)

$$M_{\text{etanol a } 15^\circ\text{GL}} = 2441,1 \text{ ml mosto} * \frac{15 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{100 \text{ ml mosto}} * \frac{0,789 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}$$

$$M_{\text{etanol a } 15^\circ\text{GL}} = 288,904 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

$$M_{\text{agua a } 15^\circ\text{GL}} = 2441,1 \text{ ml mosto} * \frac{85 \text{ ml H}_2\text{O}}{100 \text{ ml mosto}} * \frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ ml H}_2\text{O}}$$

$$M_{\text{agua a } 15^\circ\text{GL}} = 2074,935 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{M_{\text{etanol}}}{PM_{\text{etanol}}}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{288,904 \text{ g}}{46,06 \text{ g/mol}}$$

$$n_{\text{etanol}} = 6,2723 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}}}{PM_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2074,935 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 115.210 \text{ mol}$$

$$X_F = \frac{n_{\text{etanol}}}{n_{\text{etanol}} + n_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$X_F = \frac{6,2723}{6,2723 + 115.210}$$

$$X_{F(\text{etanol})} = 0,0472$$

$$X_{F(\text{H}_2\text{O})} = 1 - X_{F(\text{etanol})}$$

$$X_{F(\text{H}_2\text{O})} = 1 - 0,0516$$

$$X_{F(\text{H}_2\text{O})} = 0,9484$$

- Fracción molar para el destilado obtenido

Se desea obtener un producto destilado etanol al 44°GL, tomando en cuenta el experimento realizado (44 ml/100 ml).

$$M_{\text{eta a } 44^{\circ}\text{GL}} = 610,2 \text{ ml mezcla eta - agua} * \frac{44 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{100 \text{ ml mezcla eta - agua}} * \frac{0,789 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}$$

$$M_{\text{etanol a } 44^{\circ}\text{GL}} = 211,8370 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

$$M_{\text{agua a } 44^{\circ}\text{GL}} = 610,2 \text{ ml mezcla eta - agua} * \frac{56 \text{ ml H}_2\text{O}}{100 \text{ ml mezcla eta - agua}} * \frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ ml H}_2\text{O}}$$

$$M_{\text{agua a } 44^{\circ}\text{GL}} = 341,712 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{M_{\text{etanol}}}{PM_{\text{etanol}}}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{211,8370 \text{ g}}{46,06 \text{ g/mol}}$$

$$n_{\text{etanol}} = 4,5991 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}}}{PM_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{341,712 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 18,9734 \text{ mol}$$

$$X_D = \frac{n_{\text{etanol}}}{n_{\text{etanol}} + n_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$X_D = \frac{4,5991}{4,5991 + 18,9734}$$

$$X_{D(\text{etanol})} = 0,1951$$

$$X_{D(\text{H}_2\text{O})} = 1 - X_{D(\text{etanol})}$$

$$X_{D(\text{H}_2\text{O})} = 1 - 0,1951$$

$$X_{F(\text{H}_2\text{O})} = 0,8048$$

- Fracción molar del fondo

La fracción molar del residuo alcohólico es 5,3349 (5,3349 ml/100 ml)

$$M_{\text{eta a } 5,3349^{\circ}\text{GL}} = 1830,9 \text{ ml mezcla} * \frac{5,3349 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{100 \text{ ml mezcla}} * \frac{0,789 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}$$

$$M_{\text{eta a } 5,3349^{\circ}\text{GL}} = 77,0669$$

$$M_{\text{agua a } 5,3349^{\circ}\text{GL}} = 1830,9 \text{ ml} * \frac{94,6651 \text{ ml H}_2\text{O}}{100 \text{ ml mezcla}} * \frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ ml H}_2\text{O}}$$

$$M_{\text{agua a } 44 \text{ } ^\circ\text{GL}} = 1733,2 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{M_{\text{etanol}}}{PM_{\text{etanol}}}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{77,0669 \text{ g}}{46,06 \text{ g/mol}}$$

$$n_{\text{etanol}} = 1,673 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}}}{PM_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1733,2 \text{ g}}{18,01 \text{ g/mol}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 96,235 \text{ mol}$$

$$X_W = \frac{n_{\text{etanol}}}{n_{\text{etanol}} + n_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$X_W = \frac{1,673}{1,673 + 96,235}$$

$$X_{W(\text{etanol})} = 0,017$$

$$X_{W(\text{H}_2\text{O})} = 1 - X_{W(\text{etanol})}$$

$$X_{W(\text{H}_2\text{O})} = 1 - 0,017$$

$$X_{W(\text{H}_2\text{O})} = 0,9829$$

- Peso molecular del mosto fermentado

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

$$PM_{\text{MF}} = 0,0472 * 46,06 \text{ Kg/mol} + (1 - 0,0472) * 18,01 \text{ Kg/mol}$$

$$PM_{\text{MF}} = 19,33$$

Dónde:

PM_{etanol} = Peso molecular del etanol

X_F = Fracción molar del etanol en la alimentación

PM_{agua} = Peso molecular del agua

- Flujo molar del mosto fermentado por hora

$$\dot{n}_F = \frac{VM_F * \rho_{\text{MF}}}{t}$$

$$\dot{n}_F = \frac{100 \frac{\text{L}}{\text{Lote}} * 1,03 \frac{\text{kg}}{\text{L}}}{7}$$

$$\dot{n}_F = 14,714 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ mol}}{18,61 \text{ kg}}$$

$$\dot{n}_F = 0,79 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Dónde:

VM_F = Volumen del mosto fermentado

ρ_{MF} = Densidad del mosto fermentado

t = Tiempo estimado (7h)

- Flujo molar del destilado por hora

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

$$\dot{n}_D = \frac{0,79 \frac{\text{mol}}{\text{h}} * (0,0472 - 0,017)}{0,1951 - 0,017}$$

$$\dot{n}_D = 0,133 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Dónde:

\dot{n}_F = Flujo molar del mosto fermentado

X_F = Fracción molar el mosto fermentado

X_W = Flujo molar del fondo

X_D = Flujo molar del destilado

- Flujo molar del fondo por hora

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

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

$$\dot{n}_W = 0,79 \frac{\text{mol}}{\text{h}} - 0,133 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$\dot{n}_W = 0,657 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Dónde:

\dot{n}_D = Flujo molar del destilado

\dot{n}_F = Flujo molar del mosto fermentado

- Flujo molar del líquido de reflujo por hora

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

$$\dot{n}_{LR} = R_T * \dot{n}_W$$

$$\dot{n}_{LR} = 0,33 * 0,657 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$\dot{n}_{LR} = 0,2168 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Dónde:

R_T = Reflujo total

\dot{n}_W = Flujo molar del destilado

- Flujo molar del vapor por hora

$$\dot{n}_v = \dot{n}_{LR} + \dot{n}_W$$

$$\dot{n}_v = 0,2168 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 0,657 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$\dot{n}_v = 0,8738$$

Dónde:

\dot{n}_W =Flujo molar del destilado

\dot{n}_{LR} =Flujo molar del liquido de reflujo

- Condiciones de operación de la destilación

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

$$R = \frac{610,2}{1830,9}$$

$$R = 0,33$$

Dónde:

R= Reflujo de operación

L_n = reflujo líquido

D=producto destilado

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

$$R_{\min} = \frac{0,33}{1,5} = 0,22$$

Dónde:

R_{\min} = reflujo mínimo

Tabla 3-12: Condiciones de operación de la destilación

Fracción molar del etanol en el mosto fermentado. $X_F(\text{etanol})$	Fracción molar de etanol obtenido de la 1ra destilación $X_D(\text{etanol})$	Fracción molar de los fondos. X_W	Alimentación liquido-vapor (Q)	Reflujo mínimo (R_{\min})	Reflujo total R_T
0,0472	0,1951	0,017	0,5	0,22	0,33

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

- Cálculo de la x de intersección

$$X_{\text{int}} = \frac{X_F * (R_T + 1) + X_D * (Q - 1)}{Q * (R_T + 1) - R_T * (Q - 1)}$$

$$X_{\text{int}} = \frac{0,0472 * (0,33 + 1) + 0,1951 * (0,5 - 1)}{0,5 * (0,33 + 1) - 0,33 * (0,5 - 1)}$$

$$X_{\text{int}} = -0,041$$

- Cálculo de la y de intersección

$$y_{\text{int}} = \frac{R_T}{R_T + 1} * X_{\text{int}} + \frac{X_D}{R_T + 1}$$

$$y_{\text{int}} = \frac{0,33}{0,33 + 1} * (-0,041) + \frac{0,1951}{0,33 + 1}$$

$$y_{\text{int}} = 0,136$$

- Cálculo para la recta operativa de enriquecimiento

$$y_{\text{enr}} = \frac{R_T}{R_T + 1} * X_{\text{enr}} + \frac{X_D}{R_T + 1}$$

$$y_{\text{enr}} = \frac{0,33}{0,33 + 1} * (0,1951) + \frac{0,1951}{0,33 + 1}$$

$$y_{\text{enr}} = 0,1951$$

Tabla 3-13: Datos para la recta de enriquecimiento

$X_{\text{enriquecimiento}}$	$Y_{\text{enriquecimiento}}$
0,1951	0,1951
0,136	-0,041

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

- Calculo para la recta de alimentación

Tabla 3-14: Datos para la recta de alimentación

$X_{\text{alimentacion}}$	$Y_{\text{alimentacion}}$
0,0472	0,0472
-0,041	0,136

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

- Cálculo para la recta operativa de agotamiento

$$B = \frac{y_{\text{int}} - X_W}{y_{\text{int}} - X_{\text{int}}}$$

$$B = \frac{0,136 - 0,017}{0,136 - (-0,041)}$$

$$B = 0,672$$

$$Y_{\text{agotamiento}} = \frac{B}{B-1} * X_{\text{agotamiento}} - \frac{X_W}{B-1}$$

$$Y_{\text{agotamiento}} = \frac{0,672}{0,672-1} * 0,017 - \frac{0,017}{0,672-1}$$

$$Y_{\text{agotamiento}} = 0,017$$

Tabla 3-15: Datos para la recta de agotamiento

$X_{\text{agotamiento}}$	$Y_{\text{agotamiento}}$
0,017	0,017
-0,041	0,136

Realizado por: Yumbla, Stalyn, 2023

- Número de platos

Según el método gráfico tenemos dos de platos teóricos

$$\#Platos_{\text{real}} = \frac{\#Platos_{\text{teóricos}}}{\text{eficiencia}}$$

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

$$\#Platos_{\text{real}} = 8,6 = 9$$

Tabla 16-3: 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 (μC_5H_5OH)	Viscosidad del agua (μH_2O)
677,8 mm Hg	289.1 mm Hg	0,49 cp	0,4 cp

Realizado por: Yumbla, Stalyn, 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

$$\mu_F = \mu_{C_5H_5OH} * X_F + \mu_{H_2O} * (1 - X_F)$$

$$\mu_F = 0,49 * 0,0472 + 0,4 * (1 - 0,0472)$$

$$\mu_F = 0,4042$$

- Densidad del vapor

$$\rho_v = \frac{PM_{\text{etanol}} * 273}{22,4 * (273 + T_{\text{ebullicion}})}$$

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

$$\rho_v = 1,5987$$

- Cálculo del coeficiente k

$$\frac{\dot{n}_{LR}}{\dot{n}_v} * \left(\frac{\rho_v}{\rho_{\text{etanol}}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

ρ_v = densidad del vapor

$$\frac{0,2168}{0,8738} * \left(\frac{1,5987}{789} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,01116$$

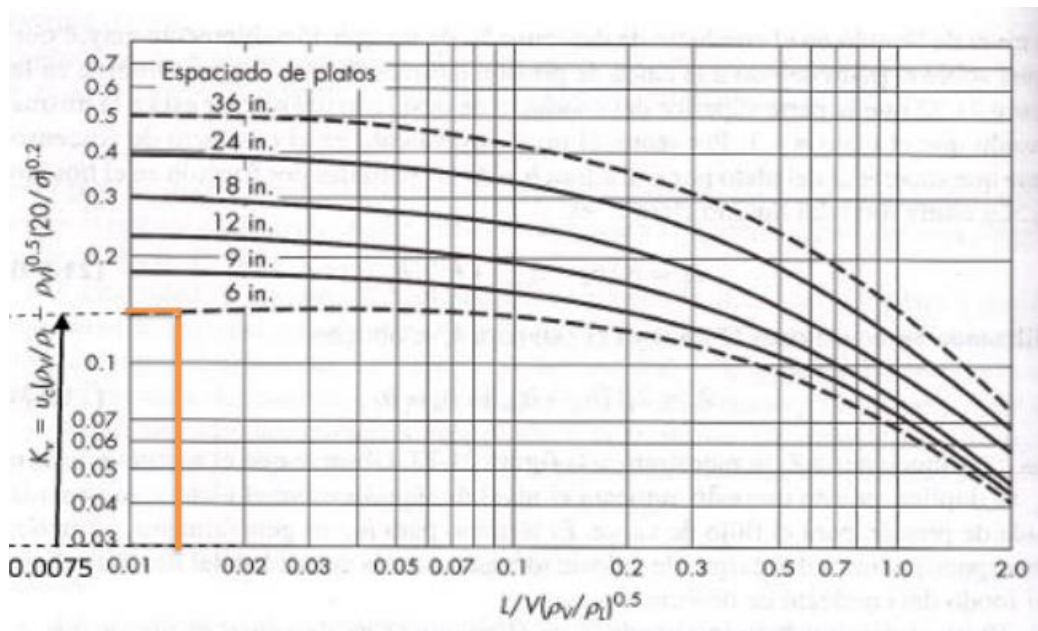


Ilustración 3-5: Determinación de K

Fuente: Bonilla Bermeo, S. M., & Álvarez Macias, 2011.

Al utilizar el valor 0,01116 y la distancia de 6 in, por el motivo que existen 9 platos y lograr obtener un buen rendimiento se obtiene una distancia y el valor de $k=0,15$.

- Velocidad de los vapores

$$v = k * \sqrt{\frac{\rho_{\text{etanol}} - \rho_v}{\rho_v} * \frac{\sigma}{20}}$$

$$v = 0,15 * \sqrt{\frac{789 - 1,5987}{1,5987} * \frac{20,6}{20}}$$

$$v = 3,3785 \text{ m/s}$$

- Diámetro de la columna de destilación

$$\phi_{\text{columna}} = \sqrt[2]{\frac{4 * \dot{n}_v * (273 + T_{mv}) * 760}{\pi * v * 3600 * P}}$$

$$\phi_{\text{columna}} = \sqrt[2]{\frac{4 * 0,8738 * (273 + 95) * 760}{\pi * 3,3785 * 3600 * 760}}$$

$$\phi_{\text{columna}} = 0,1834 \text{ m}$$

Dónde:

v= Velocidad del vapor

T_{mv} = Temperatura media del vapor

\dot{n}_v =Flujo molar del vapor por hora

P= Presión absoluta media

- Altura de la columna

$$h_{\text{columna}} = \# \text{Platos}_{\text{reales}} * \text{distancia de platos}$$

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

$$h_{\text{columna}} = 1,3716$$

- Altura total de la columna

$$h_{T.\text{columna}} = h_{\text{columna}} + \text{distancia entre el primer y ultimo plato}$$

$$h_{T.\text{columna}} = 1,3716 + 0,1524$$

$$h_{T.\text{columna}} = 1,524$$

- Diámetro del serpentín del condensador

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

$$\phi_s = 0,00952 \text{ m}$$

- Longitud del serpentín del condensador

$$L_s = \pi * \phi_s$$

$$L_s = \pi * 0,00952$$

$$L_s = 0,0299$$

- Longitud que va a ocupar el serpentín

Se estima que el serpentín tendrá una altura de 0,65 m y un ancho de 0,5 m y el fondo de este

serpentín vendrá separado en una relación de $\frac{E}{D_T} : \frac{1}{4}$.

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

$$E = \frac{0,5}{4}$$

$$E = 0,125$$

$$L_{sc} = 0,5 - 0,125$$

$$L_{sc} = 0,375$$

0,375 es la longitud que va a ocupar el serpentín

- Numero de vueltas

$$\#Vuelatas = \frac{0,375}{0,00952}$$

$$\#Vuelatas = 39,39$$

- Longitud total del serpentín

$$L_{TS} = L_s * \#vuelatas$$

$$L_{TS} = 0,0299 * 39,39$$

$$L_{TS} = 1,177$$

3.6.7. Tanque de almacenamiento

Este tanque de almacenamiento tiene las medidas para una producción de 100 litros diarios, pero al hacer la dilución del producto a obtener, se estima que se obtendrá 120 litros de licor (vodka).

3.6.7.1. Volumen del tanque de almacenamiento

$$V_{T.al} = V_v * f_s$$

$$V_{T.al} = 0,120 * 1,15$$

$$V_{T.al} = 0,138 \frac{m^3}{lote}$$

Dónde:

V = volumen del vodka

f_s=factor de seguridad al 15%

3.6.7.2. Diámetro interno del tanque de almacenamiento

$$\phi_{TAL} = \sqrt[3]{\frac{3 * V_{T.al}}{4\pi} * 2}$$

$$\phi_{TAL} = \sqrt[3]{\frac{3 * 0,138}{4\pi} * 2}$$

$$\phi_{TAL} = 0,6411 \text{ m}$$

Dónde:

$V_{T.al}$ = Volumen del tanque de almacenamiento

3.6.7.3. Altura del tanque de almacenamiento

$$h_{TF} = \frac{V_{T.al}}{\pi r^2}$$

$$h_{TF} = \frac{0,138\text{m}^3}{\pi\left(\frac{0,6411}{2}\right)^2}$$

$$h_{TF} = 0,4275$$

Dónde:

$V_{T.al}$ = Volumen del tanque de almacenamiento

r = radio interno del tanque de almacenamiento

3.7. Análisis de costo-beneficio para la producción industrial de vodka

3.7.1. Inversión fija

Tabla 3-17: Costos de inversión fija de la empresa

Equipos necesarios para la producción de vodka de la papa china			
Descripción	Cantidad	Valor unitario \$	Valor total \$
Tanque con agitador de paletas	1	3000,00	3000,00
Tanque con agitador de marco y ancla	1	3000,00	3000,00
Filtro	1	300,00	300,00
Tanque de almacenamiento	1	4500,00	4500,00
Destilador	1	6000,00	6000,00
Marmita enchaquetada con agitador	1	3500,00	3500,00
Envasado y etiquetado	1	3000,00	3000,00
Subtotal			23300,00
Inversión de recursos humanos para área de producción			
Mano de obra para la instalación de equipos		500,00	500,00
Mano de obra para la instalación de infraestructura		600,00	600,00

Capacitaciones a los socios y trabajadores		300,00	300,00
Subtotal			1400,00
Adecuación del área de producción			
Infraestructura		3000,00	3000,00
Terreno		7000,00	7000,00
Implementación de servicios básicos (agua, luz, internet, etc.)		2000,00	2000,00
Subtotal			12000,00

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

Tabla 3-18: Costos totales de inversión fija de la empresa

Inversión	Costo
Maquinarias y equipos necesarios para el área de producción de vodka de papa china	23300,00
Inversión de recursos humanos para área de producción	1400,00
Adecuación del área de producción	12000,00
Subtotal	36700,00
Imprevisto 5%	1835,00
Total	38535,00

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

3.7.2. Egresos

Tabla 3-19: Costos de egresos para la producción de vodka de papa china por lote

Materiales e insumos	Valor por presentación	Valor unitario \$	Cantidad requerida	Valor total \$
Malta	\$15,00 por 5 kg	3,00	41 kg	123
Almidón	\$ 1,25 por 454 gr	0,002753	44000 gr	121,132
Levadura	\$25 por 160 g	0,156	350 gr	54,6
Agua (botellón)	\$2,50 por 20 L	0,125	350 L	43,75
Agua (destilada)	\$3,25 por galón	3,25	46 galones	149,5
Ácido cítrico	\$2,50 por 50 gr	0,05	400 gr	20
Lugol	\$1,50 por frasco	1,50	3 frascos	4,5
Frasco de vidrio	\$0,75 por 11	0,75	465	348,75
Etiquetas	0,15 ctvs. por envase	0,15	465	69,75
Total, semanal				934,98

Total, mensual	3739,92
Total, anual	44879,04

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

Tabla 3-20: Servicios básicos, costos

Servicio básico	Costo mensual (\$)	Consto anual (\$)
Energía eléctrica	45,00	540,00
Agua potable	50,00	600,00
Internet	25,00	300,00
Teléfono	25,00	300,00
Total		1740,00

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

Tabla 3-21: Mano de obra directa, costos

Personal	Cantidad	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Operario	2	1200,00	14400
Técnico encargado del laboratorio	1	720,00	8640,00
Total			23040,00

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

Tabla 3-22: Total de egresos anual

Descripción	Costo anual (\$)
Materiales e insumos	44879,04
Servicios básicos	1740,00
Mano de obra directa	23040,00
Subtotal	69659,04
Imprevistos (5%)	3482,97
Total	73142,37

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

3.7.3. Costos de inversión fija y egresos

Tabla 3-23: Total de la inversión fija y egresos

Descripción	Cantidad (\$)
Inversión fija	38535,00

Egresos anuales	73142,37
Total	111677,37

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

3.7.4. Ingresos anuales

La cervecería NEFER tratará de producir 2 lotes de 100 litros de alcohol semanal y realizando sus debidas pruebas y estandarización según rige la norma se espera obtener 320 Litros y al mes 1280 litros, no obstante, esperando obtener una ganancia o utilidad del 14%.

3.7.4.1. Costos de producción por unidad

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

$$CP = \frac{38535,00 + 73142,37}{60 * 30 * 12}$$

$$CP = 5,17$$

3.7.4.2. Precio unitario del producto y venta al público

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

$$PVP = 5,17 * \left(\frac{100}{100 - 14} \right)$$

$$PVP = 6,01$$

Tabla 3-24: Ingresos anuales

Producción anual (lt)	Costos de producción por unidad (CP) (\$)	Costos anuales de producción (\$)	Costos (PVP) (\$)	Ingresos anuales (\$)
15600	5,17	80652	6,01	93756

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

3.7.5. Valor actual neto (VAN)

El calcular el VAN nos permite calcular la rentabilidad del proyecto, dándonos a conocer si el proyecto tiene o no ganancias con respecto a la inversión inicial, para ello se toma las siguientes consideraciones:

VAN < 0: En este caso se generan perdidas y no es viable.

VAN > 0: Genera ganancias al proyecto, es viable.

VAN = 0: Es una inversión insignificante, puede generar pérdidas o ganancias.

$$VAN = -l_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

$$F_t = l_t - P_t$$

Donde:

l_0 = Inversión en el momento inicial

n= Duración en años

t= intervalo de tiempo

F_t = Flujo de caja

l_t = Ingresos en un momento dado t

P_t = Pagos en un momento dado t

i= Cálculo del tipo de descuento %

Tabla 3-25: Datos para el cálculo del valor actual neto

Periodo inicial					0
Inversión fija					38535,00
Tasa de descuento (i)					10%
Tiempo (años)	Ingresos	Egresos	Flujo de caja	$\frac{F_t}{(1+i)^t}$	
1	93756	73142,37	20613,63	18739,66364	
2	93756	73142,37	20613,63	17036,05785	
3	93756	73142,37	20613,63	15487,32532	
4	93756	73142,37	20613,63	14079,38665	
5	93756	73142,37	20613,63	12799,44241	

Realizado por: Yumbla, Stalyn, 2023

$$VAN = -38535 + 18739,66364 + 17036,05785 + 15487,32532 + 14079,38665 + 12799,44241$$

$$VAN = 39606,85$$

Al obtener un VAN > 0 se puede concluir que el proyecto es viable, ya que genera ganancias.

3.7.6. Periodo de recuperación (PDR)

El PDR nos ayuda a conocer el tiempo en que se recuperara la inversión inicial y cuando se empezara a ver las ganancias generadas, para obtener el PDR se utiliza la siguiente formula:

$$PDR = \text{último periodo acumulado negativo} + \frac{\text{último flujo acumulado negativo}}{\text{flujo de caja del año siguiente}}$$

Tabla 3-26: Cálculo del periodo de recuperación

Período (año)	Flujo de caja	Flujo acumulado
0	-38535	-38535
1	20613,63	-13921,37
2	20613,63	6692,26
3	20613,63	27305,89
4	20613,63	47919,52
5	20613,63	68533,15

Realizado por: Yumbra, Stalyn, 2023

$$\text{PDR} = 1 + \frac{-13921,37}{6692,26}$$

$$\text{PDR} = 1,08 \text{ años}$$

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados organolépticos y físicos de la papa china

4.1.1. Caracterización organoléptica de la papa china

Tabla 4-1: Resultados organolépticos de la papa china

Características	Valor
Olor	Agradable
Color	Gris claro
Color cascara	Café
Sabor	Semidulce

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

Basándonos en la norma NTE INEN 1516 se obtiene que la materia prima (papa china) tenía un color gris claro que es común y característico del tubérculo optando también con un olor agradable y sabor semidulce.

4.1.2. Caracterización física

Tabla 4-2: Resultados físicos de la papa china

No.	Papa china		
	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	32	5,2	2,98
2	28	4,7	2,6
3	30	5	2,8
4	31	5,1	2,89
5	29	4,9	2,7
6	27	4,6	2,52
Promedio	29,5	4,91	2,74

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

Luego de realizar la caracterización física de la papa china (*Colacasia esculenta*) se obtuvo que el tubérculo en este caso la papa china como valores promedios un peso de 29,5; longitud de 4,91 cm y diámetro de 2,74 cm considerando que son valores característicos del tubérculo.

4.2. Resultado extracción del almidón de la papa china

4.2.1. Rendimiento del almidón

Tabla 4-3: Resultados del almidón obtenido

Cantidad de materia prima utilizada (g)	Cantidad obtenido de almidón de la papa china (g)	Porcentaje de rendimiento del almidón (%)
4399,8	572	13

Realizado por: Yumbla, Stalyn, 2023

Según, (Oña, 2020; citado en Erazo, 2022, pp.64-66) el obtener un 13% de almidón se considera aceptable, ya que esto depende también de la calidad de la materia prima y para obtener un mejor rendimiento del almidón se recomienda extraer apenas se coseche la materia prima (papa china), puesto que la hidrolisis comienza al momento de ser cosechada la papa china y mientras más tiempo transcurra desde el momento de la cosecha la papa china va madurando y por ende el almidón se va reduciendo.

4.2.2. Resultados organolépticos del almidón

Tabla 4-4: Resultados organolépticos del almidón

Parámetro	Almidón papa china (<i>Colacasia esculenta</i>)
Color	Crema
Olor	Agradable
Aspecto	Fino homogéneo

Realizado por: Yumbla, Stalyn, 2023

En los resultados organolépticos se obtuvo un color, olor y aspecto aceptable, siendo estos muy buenos para proceder a realizar el proceso de obtención del vodka

4.3. Balance de masa y energía

Tabla 4-5: Resultados del balance de masa del almidón extraído de la materia prima (papa china)

Etapas	Entrada (g)	Salida (g)	Rendimiento (%)
Lavado	4540	4540	100

Clasificado y pelado	4540	4399,8	96,9
Sedimentación	4399,8	1100	25
Secado	1100	630	57,2
Triturado	630	572	90,7

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

Se procedió a realizar el balance de masa del almidón extraído dándonos buenos resultados a excepción de la sedimentación y el secado que nos dieron resultados bajos, pero aun así es bueno para la elaboración del vodka.

Tabla 4-6: Resultados del balance de masa del mosto fermentado

Etapas	Entrada (g)	Salida (g)	Rendimiento (%)
Agitación y calentamiento del almidón	2,288	2,063	90,16
Agitación y calentamiento de la malta	2,28	1,88	82,45
Hidrolisis de la mezcla	3,943	3,493	88
Filtrado de la mezcla	3,493	3,043	87
Esterilización	3,043	2,443	80,28
Enfriamiento de la mezcla	2,443	2,443	100
Fermentación	2,4451	2,4451	100
Filtrado del mosto	2,4451	2,4411	99,83

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

Al realizar el balance de masa en el mosto se pudo obtener un rendimiento promedio del 90% siendo así un rendimiento óptimo para el proceso.

Tabla 4-7: Resultados del balance de energía del secado de almidón de la papa china

Parámetros	Valor	Unidad
Calor sensible para el almidón	167,265	KJ/Kg
Calor suministrado a la papa china	2424,265	KJ/Kg
Capacidad calorífica del almidón	9,03	KJ/Kg °C
Calor ganado por el almidón	227,6	KJ
Entalpia del almidón	361,2	KJ/Kg
Calor requerido para evaporar el agua del almidón	1060,79	KJ
Calor total en el secado del almidón	1288,39	KJ

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

Tabla 4-8: Resultados del balance de energía de la destilación

Parámetros	Valor	Unidad
Calor absorbido en el condensador	606,45	KJ/kg
Calor suministrado (balance de energía general)		

Realizado por: Yumbla, Stalyn, 2023

4.4. Dimensiones de los equipos

Tabla 4-9: Dimensiones de los equipos (resultados)

Parámetros	Valor	Unidad
Tanque con agitador de marco y ancla para la mezcla almidón/agua		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen del tanque de agitación almidón/ agua	0,115	m ³
Diámetro interno del tanque de agitación almidón/ agua	0,603	m
Altura del tanque de agitación almidón/ agua	0,4027	m
Área de transferencia de calor	1,3340	m ²
Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,4631	m
Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,6935	m
Longitud del brazo del sistema de agitación	0,3769	m
Diámetro del agitador	0,03769	m
Diámetro del rodete	0,45225	m
Distancia entre el fondo del tanque y el rodete	0,0258	m
Altura de la paleta	0,0754	m
Distancia entre rejillas	0,0942	m
Tanque con agitador tipo paletas para la mezcla malta/agua		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen del tanque de agitación malta/agua	0,115	m ³
Diámetro interno del tanque de agitación malta/agua	0,603	m
Altura del tanque de agitación malta/agua	0,4027	m
Área de transferencia de calor	1,3340	m ²
Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,4631	m
Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,6935	m
Longitud del brazo del sistema de agitación	0,3769	m
Diámetro del agitador	0,1256	m
Ancho de la hoja del impulsor	0,0209	m

Distancia del impulsor con respecto al fondo del tanque de agitación	0,0258	m
Longitud de las paletas del impulsor	0,225	m
Distancia entre paletas	0,402	m
Potencia	22	kw
Tanque con agitador tipo paletas para la hidrólisis de la mezcla		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen del tanque de hidrólisis	0,23	m ³
Diámetro interno del tanque de hidrólisis	0,7602	m
Altura del tanque de hidrólisis	0,5067	m
Área de transferencia de calor	2,1178	m ²
Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,5827	m
Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque	0,8742	m
Diámetro del impulsor del tanque de hidrólisis	0,2534	m
Ancho de la hoja del impulsor	0,0422	m
Longitud del brazo del sistema de agitación	0,4751	m
Distancia del impulsor con respecto al fondo del tanque de hidrólisis	0,0316	m
Longitud de las paletas del impulsor	0,0634	m
Distancia entre paletas	0,5068	m
Potencia	22	kw
Filtro		
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 °C / 248 °F	
Material de sellado	EPDM if FPM	

Marmita enchaquetada con agitador		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen de la marmita	0,215	m ³
Diámetro interno de la marmita	0,594	m
Altura de la marmita	0,712	m
Área de transferencia de calor	1,1084	m ²
Altura de la chaqueta	0,8188	m
Diámetro de la chaqueta	0,6831	m
Longitud del agitador	0,6118	m
Espesor del agitador	0,06118	m
Diámetro del agitador	0,5346	m
Distancia entre el fondo del tanque y agitador	0,039	m
Equipo de destilación		
Numero de modelo	HL	
Material	SUS304/de cobre rojo	
Capacidad	100	
Concentración de 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	0,1834	m
Altura total de la columna	1,3716	m
Diámetro del serpentín del condensador	0,00952	m
Longitud del serpentín del condensador	0,0299	m
Número de vueltas del serpentín	39,39	
Longitud total del serpentín	1,177	m
Tanque de almacenamiento		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen del tanque	0,138	m ³
Diámetro interno del tanque	0,6411	m
Altura del tanque	0,4275	m

Realizado por: Yumblla, Stalyn, 2023

Al realizar el diseño de equipos se obtuvo medidas considerables para su elaboración y poder realizar el proceso de obtención del vodka a partir de la papa china.

4.5. Resultado del análisis de costo y beneficio para la producción industrial del vodka de papa china.

Al realizar el análisis del costo y beneficio la administración puede decidir si invertir o no en el proyecto planteado para la producción de vodka a partir de la papa china, a partir de los cálculos realizados se obtuvo un valor de \$ 38535,00 para el proceso de la producción de vodka, también se realizó los cálculos para los egresos de la empresa con una producción de 2 lotes de 100 litros cada lote optando por un valor de \$ 73142,37, con estos resultados obtenidos se pudo calcular el costo de producción por unidad que es \$5,17 y costo de venta al público que es \$6,01, luego se procedió a calcular el VAN dándonos un valor de \$39606,85, de igual forma calculamos el PDR que fue de 1,08 años.

4.6. Resultado de las destilaciones del vodka

Tabla 4-10: Resultados de las destilaciones con sus rendimientos

Destilación	Entrada	Salida	Residuo	Rendimiento (%)
Primera destilación	2441,1 ml a 15°GL	610 ml a 44° GL	1830,9 ml	24,99%
Segunda destilación	610 ml a 44°GL	305,1 ml a 70°GL	305,1 ml	49,84%

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

Entre la primera y segunda destilación se obtuvo resultados buenos y se puede observar que se tiene un rendimiento bueno del 49,84% en la segunda destilación y así proceder a la estandarización del vodka y poder llegar al grado alcohólico requerido.

4.6.1. Resultado final del vodka

Tabla 4-11: Resultado del producto final obtenido

Cantidad, segunda destilación en ml	Grado alcohólico segunda destilación en ml	Cantidad requerida de agua destilada en ml	Producto final en ml	Grado alcohólico del producto final °GL
305,1	70	228,825	533,925	40°GL

Realizado por: Yumbla, Stalyn,2023

El grado alcohólico final que se obtuvo fue de 70 grados siendo un grado alcohólico bueno para su caracterización y estandarización.

4.6.2. Resultado de la obtención del vodka mediante la norma NTE INEN 369

Tabla 4-12: 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 ³	-	1,5	0,20	NTE INEN 2014
Furfural	mg/100 cm ³	-	0,0	< 0,01	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores	mg/100 cm ³	-	0,7	0,7	NTE INEN 2014
*El volumen de 100 cm ³ corresponde al alcohol absoluto					
**Alcoholes superiores comprenden: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamílico, amílico.					

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

Con todos los resultados obtenidos se define que el vodka a partir de la papa china, realizado en el trabajo de integración curricular si cumple con todas las normas y es viable realizar el proceso de la obtención del licor tipo vodka.

CONCLUSIONES

Se diseñó el proceso industrial para la obtención de una bebida alcohólica tipo vodka a partir de la papa china, identificando que este tubérculo es poco utilizado en este tipo de procesos, por lo cual se diseñó el proceso de transformación del producto previo al estudio realizado, dando como resultado una bebida alcohólica tipo vodka, para ello se utilizó 4399,9 gr de materia prima y se obtuvo 572 gr de almidón, dándonos como porcentaje de rendimiento un 13% , considerándose aceptables mayores valores al 12%.

Se realizó la caracterización de la materia prima mediante la norma técnica ecuatoriana INEN 1516, obteniendo como resultado una papa de buena calidad con respecto a su morfología y estructura; como olor agradable, color gris claro, color de la cascara café y su sabor semidulce, además de esto en la caracterización física se obtuvieron valores promedio como el peso de 29,5 g; longitud 4,91 cm y diámetro de 2,74 cm, es muy importante verificar estas características tanto físicas como organolépticas para poder obtener un almidón de buena calidad, para luego realizar el proceso de obtención del vodka.

Se estableció variables de proceso para identificar posibles problemas en el transcurso del proceso de producción del vodka a partir de la papa china se determinó que en la etapa de la hidrólisis la variación del pH fue mínima y esto fue muy importante para la caracterización del producto final, ya que los parámetros del vodka estaban acorde a la normativa correspondiente del vodka.

Se realizó los cálculos de ingeniería en función de las variables de diseño concluyendo que para el calentamiento del almidón y para activar la malta se debe realizar en un tiempo promedio de 2 horas a una temperatura de 70 °C y con un pH de 5 a 5,2; por otro lado para la eliminación del DMS se debe realizar a una temperatura de 100°C y un tiempo promedio de una hora, mientras que en la inoculación de la levadura mix se debe tomar una muestra a 30 °C durante un tiempo de 2 horas para luego proceder a la fermentación a 22 °C por un lapso de cinco días hasta obtener un pH constante, para finalmente pasar a la destilación que es a 72°C.

Se realizó la caracterización técnica y económica del diseño propuesto tomando en cuenta las especificaciones de los equipos y la producción que se va a realizar, en este caso una producción de 2 lotes de 100 litros cada uno, esta producción será semanal; en cuanto a la validación técnica del producto obtenido se basó en la norma técnica ecuatoriana INEN 369 este se realizó en el laboratorio Multianalítica S.A. verificando que si cumple con todas las normas estipuladas y es viable realizar el diseño industrial de la obtención del vodka a partir de la papa china.

RECOMENDACIONES

Controlar el pH al momento de agregar la levadura activada, ya que de esto depende mucho para la etapa de fermentación, y por ende no obtener un licor de grado alcohólico muy bajo.

Al preparar el vodka a partir de la papa china hay que tener mucho cuidado en el momento de destilar para deshacerse del metanol durante el proceso, ya que este sería perjudicial para la salud si se consume.

Realizar la caracterización de la materia prima para obtener un licor tipo vodka de buena calidad.

Si se trabaja con cebada malteada, ya no es necesario utilizar enzimas, ya que esta posee un alto grado de enzimas naturales, estas enzimas naturales descomponen al almidón formando azúcares para proceder al proceso de fermentación.

Algo muy importante en el proceso de la hidrólisis para que las enzimas puedan descomponer el almidón es que este se gelatinice, además es fundamental verificar la temperatura, ya que si se eleva mucho la temperatura las enzimas se destruyen, siendo esta la temperatura ideal de 68 °C

BIBLIOGRAFÍA

AGUALSACA, E. (2013). Bebida fermentada a partir de arroz (*oryza sativa*) utilizando levadura (*aspergillus oryzae*), UTE. *Journal of Chemical Information and Modeling*.

ALBAN, C., & CARRASCO, J. (2012). Elaboración de una bebida alcohólica destilada, evaluando dos niveles de levadura utilizando como sustrato papa china (*Colocasia Esculenta*) y camote (*Ipomoea batatas L*) en la planta de frutas y hortalizas de la Universidad Estatal de Bolívar.

ALCÍVAR, E. (2017). Diseño de una planta productora de vodka, utilizando como materia prima la papa.

ARÉVALO, A. (2011). Uso Del Almidón De Yuca Para La Obtención De Alcohol Etílico. *Repo.Uta.Edu.Ec*.

BADUI, Dergal, S. (2006). Química de los alimentos (C. In *Ed. Pearson educación*).

BALCEREK, M., & PIELECH-PRZYBYLSKA, K. (2009). Effect of supportive enzymes on chemical composition and viscosity of rye mashes obtained by the pressureless liberation of starch method and efficiency of their fermentation. *European Food Research and Technology*, 229(1). <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1035-y>

BENAVIDES, I., & POZO, M. (2008). Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) a partir de tres variedades de papa (*solanum tuberosum*) utilizando dos tipos de enzimas. *Physical Review A*, 100(1).

BERNAL BUSTOS, C. R., MORALES, D., CUELLAR, L., & JARAMILLO, S. (2017). Hidrólisis enzimática de almidón. *Revista de Investigación*, 10(1). <https://doi.org/10.29097/2011-639x.70>

BRITO MOÍNA, H. L., HUACHO CHÁVEZ, I. F., & RODRÍGUEZ BASANTES, A. I. (2021). Extracción de almidón del arroz de cebada por procesos físicos de separación. *Revista Alfa*, 5(14). <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.120>

BRUNNING, A. (2016). *Structure, Additives, and Impurities – Compound Interest*, 2016.

CABEZAS SERRANO, A. B. (2013). Estrategias dirigidas a retrasar el pardeamiento enzimático en productos destinados a la IV Gama: alcachofas y patatas. *Agronomía*, 2(1).

CHAMORRO, D. (2021). Evaluación De La Producción De Vodka Artesanal “La Destileria”, Haciendo Uso De Passiflora Edulis (Maracuyá) Como Fruta Adicional. *Fundación Universidad de América - Programa de Ingeniería Química*.

HERRERA, A., & MEERS, R. (2013). Diseño De Las Etapas De Hidrólisis De Almidón Y Fermentación Para Producir Bioetanol Basado En La Respuesta Dinámica Del Sistema.

HERRERA, S. (2019). Obtención del vodka por hidrólisis enzimática a partir de la papa (*Solanum Tuberosum*) de las variedades *Huagalina* y *Tumbay*.

MCKIRDY, T., & GRINBERG, D. (2018). *What Is Brix in Wine (And Beer)?*

MONTALVÁN, G. (2013). Proceso para la obtención de una pasta alimentaria tipo compota de alto nivel nutricional a partir de la *Colocasia Esculenta*.

NEGRI, L. (2005). El pH y la acidez de la leche. *Manual de Referencias Técnicas Para El Logro de Leche de Calidad*.

RAMIREZ, L. (2020). Exportaciones de papa china.

RAPELO, A. T., CASTILLO, P. M., & LENGUA, M. D. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Lasallista de Investigación*, 10(2).

RAY, A. (2022). Attenuation . *Beer & Brewing* . .

ROMERO, C. (2013). Elaboración de macerados y mistelas con especies vegetales disponibles en la provincia del Azuay. *Universidad de Cuenca*, 123(10).

ROMERO PULIDO, I. (2003). Hidrolisis acida y enzimática del residuo de poda de olivo. Fermentación de hidrolizados con pachysolen tannophilus. In *Universidad de Jaén*.

VÁSQUEZ, M., & VÁSQUEZ, L. (2009). Obtención de vodka a partir de dos tipos de maíz (Zea mays): maíz amarillo amiláceo y maíz blanco de grano vitreo.

VILLALOBOS-CHAVES, A. (2006). Estudio preliminar de la aplicación del análisis de componentes principales (PCA) a la determinación del origen de aguardientes tipo vodka. *Ingeniería y Ciencia Química*, 22(2).

VIÑALS-VERDE, M, BELL-GARCÍA A, MICHELENA-ÁLVAREZ, G., & RAMIL-MESA, M. (2012). Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 46(1).

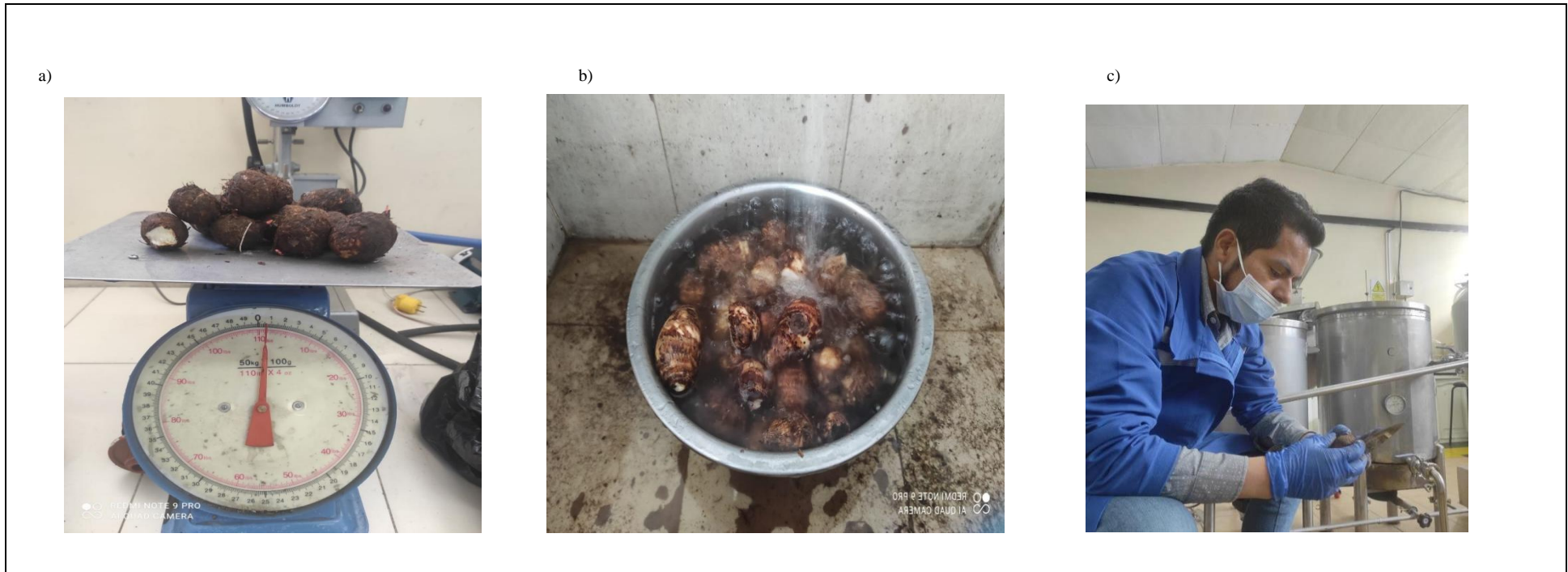
WIŚNIEWSKA, P., ŚLIWIŃSKA, M., DYMERSKI, T., WARDENCKI, W., & NAMIEŚNIK, J. (2015). The Analysis of Vodka: A Review Paper. In *Food Analytical Methods* (Vol. 8, Issue 8). <https://doi.org/10.1007/s12161-015-0089-7>

XIAO, M., & ZENG, G. (2010). Design of multichannel γ -spectrometry based on FPGA. *Hedianzixue Yu Tance Jishu/Nuclear Electronics and Detection Technology*.



ANEXOS

ANEXO A: CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Yumbla Crespo Klever Stalyn	“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCION DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE PAPA CHINA (<i>Colacasia esculenta</i>) PARA LA CERVECERÍA NEFER”									
a. Pesado de la materia prima b. Lavado y clasificado de la materia prima c. Pelado de la materia prima	<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		<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1:1</td> <td>2023/08/2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	2023/08/2			2
LÁMINA	ESCALA	FECHA										
1	1:1	2023/08/2										
		2										

ANEXO B: OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN

a)



b)

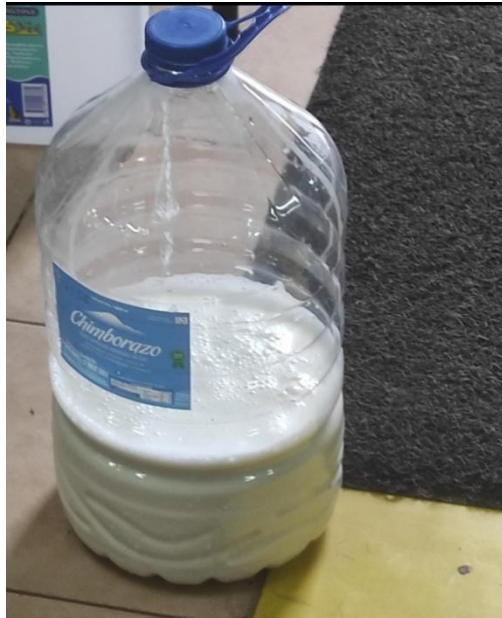


c)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Yumbla Crespo Klever Stalyn	“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE PAPA CHINA (<i>Colacasia esculenta</i>) PARA LA CERVECERÍA NEFER”							
a. Cortado de la papa china b. Triturado c. Filtrado	<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		<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1:1</td> <td>2023/08/22</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	2023/08/22	
LÁMINA	ESCALA	FECHA								
1	1:1	2023/08/22								

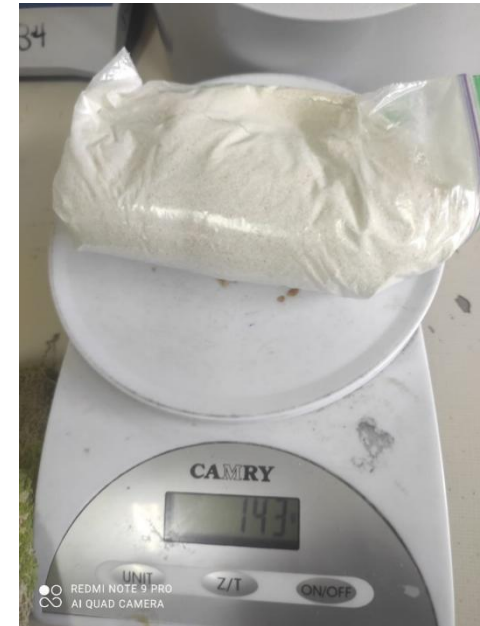
d)



e)



f)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Yumbla Crespo Klever Stalyn	"DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCION DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE PAPA CHINA (<i>Colacasia esculenta</i>) PARA LA CERVECERÍA NEFER"		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
d. Sedimentación por 12 horas	<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		1	1:1	2023/08/22

ANEXO C: VODKA

a)



b)

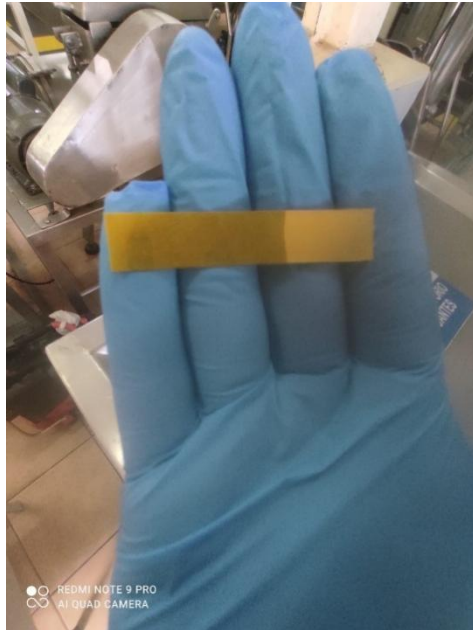


c)



NOTAS: a. Mezcla malta agua b. Gelatinización del almidón c. Calentamiento de la mezcla	CATEGORIA 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 POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Yumbla Crespo Klever Stalyn	“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE PAPA CHINA (<i>Colacasia esculenta</i>) PARA LA CERVECERÍA NEFER”				
			LÁMINA	ESCALA	FECHA		
			1	1:1	2023/08/22		

d)



e)



f)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Yumbla Crespo Klever Stalyn	“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE PAPA CHINA (<i>Colacasia esculenta</i>) PARA LA CERVECERÍA NEFER”		
d. Medición del PH de la mezcla e. Fermentación del mosto f. Mosto fermentado	<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		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2023/08/22

g)



h)



i)

**NOTAS:**

- g. Primera destilación
h. Segunda destilación
i. Estandarización del vodka

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

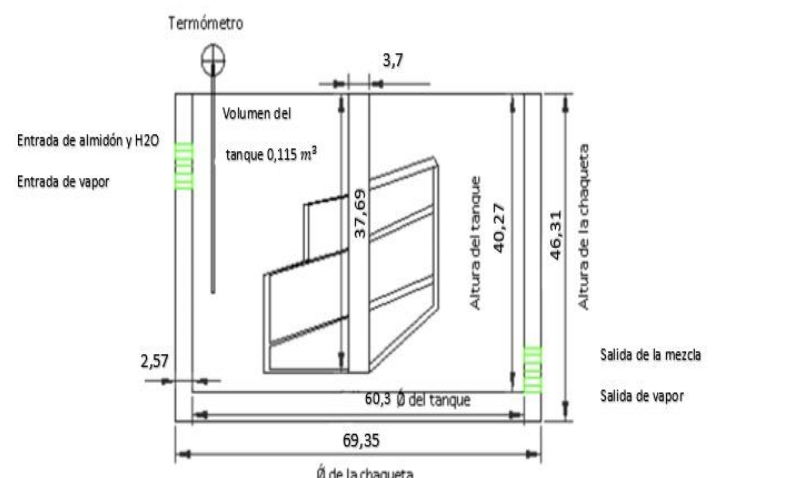
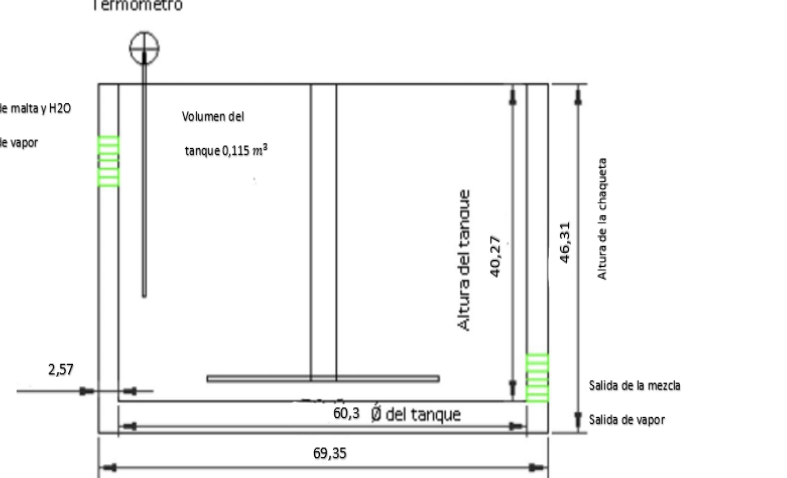
- Aprobado Preliminar
 Certificado Por aprobar
 Información Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ELABORADO POR:
Yumbla Crespo Klever Stalyn**

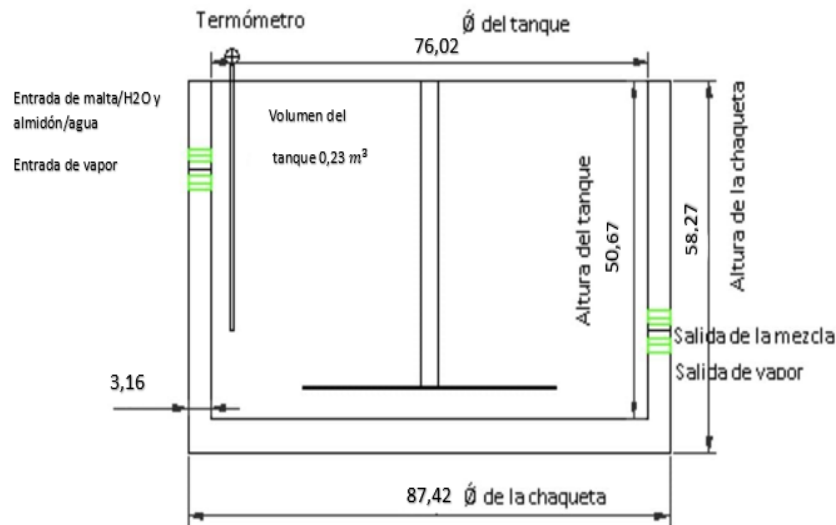
“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA
LA OBTENCION DE UNA BEBIDA
ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE
PAPA CHINA (*Colacasia esculenta*) PARA LA
CERVECERÍA NEFER”

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2023/08/ 22

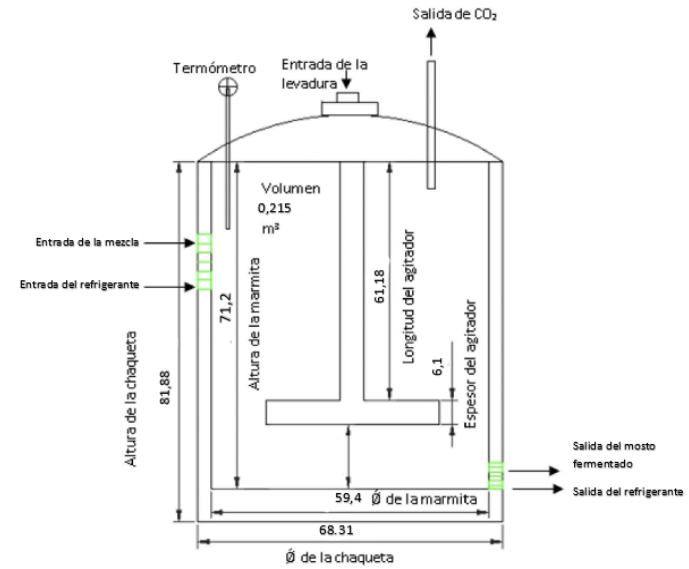
ANEXO D: DISEÑO DE LOS TANQUES

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 								
<p>NOTAS:</p> <p>a. Tanque con agitador de marco y ancla para la mezcla almidón / agua</p> <p>b. Tanque con agitador de paletas para la mezcla malta y agua</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Yumbla Crespo Klever Stalyn</p>	<p>“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCION DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE PAPA CHINA (<i>Colacasia esculenta</i>) PARA LA CERVECERÍA NEFER”</p> <table border="1" data-bbox="1619 1244 2098 1319"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1:1</td> <td>2023/08/22</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	2023/08/22
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
1	1:1	2023/08/22							

c)

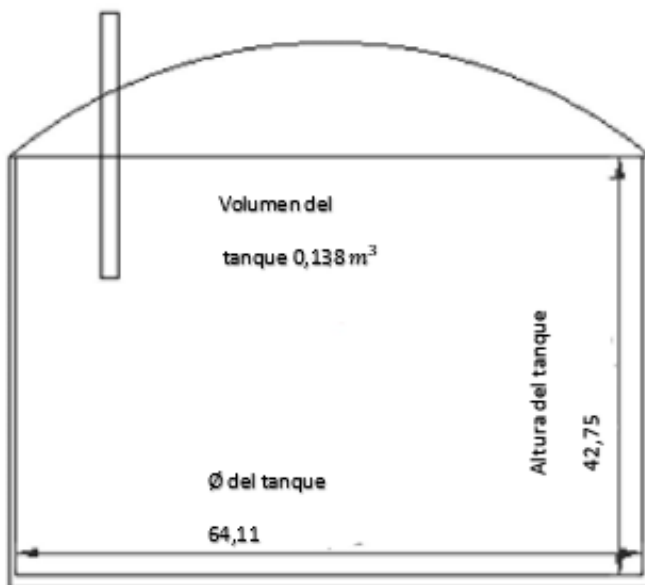


d)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Yumbla Crespo Klever Stalyn	“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCION DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE PAPA CHINA (<i>Colacasia esculenta</i>) PARA LA CERVECERÍA NEFER”		
c. Tanque de la hidrólisis de la mezcla	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar				
d. Marmita enchaquetada con agitador	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar		1	1:1	2023/08/22
	<input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				

e)



NOTAS:

e. Tanque de almacenamiento

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado Preliminar
 Certificado Por aprobar
 Información Por calificar

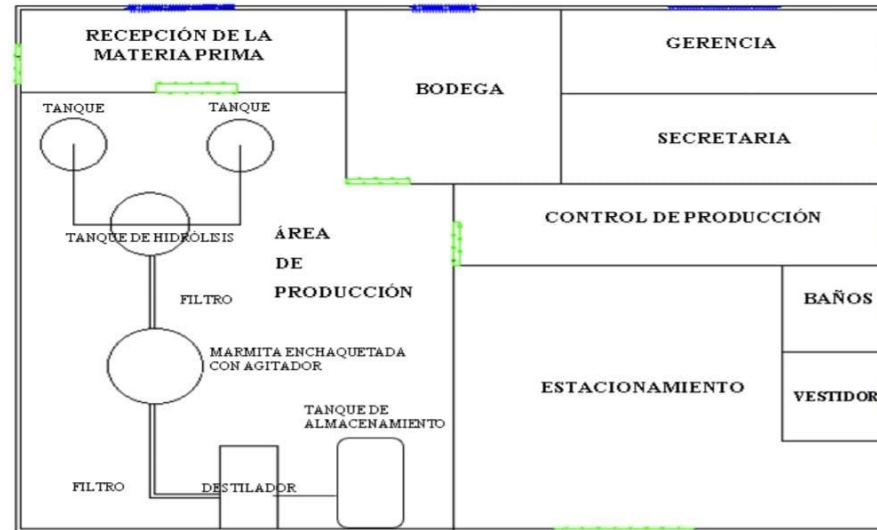
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
 ELABORADO POR:
 Yumbla Crespo Klever Stalyn

“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCION DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE PAPA CHINA (*Colacasia esculenta*) PARA LA CERVECERÍA NEFER”

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2023/08/22

ANEXO E: MODELO DE LA PLANTA

a)



NOTAS: a. Dimensiones de la planta de producción del vodka	CATEGORIA 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 POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Yumbra Crespo Klever Stalyn	“DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCION DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VODKA A PARTIR DE PAPA CHINA (<i>Colacasia esculenta</i>) PARA LA CERVECERÍA NEFER”		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2023/08/22

ANEXO F: ANÁLISIS DEL VODKA



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-IN.68335a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	YUMBLA CRESPO KLEVER STALYN
Dirección:	RIOBAMBA, FELICIANO CHECA
Teléfono:	0998282912

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Vodka (S.Y.)		
Lote	---	Contenido Declarado:	750ml
Fecha de Elaboración:	2023-05-20	Fecha de Vencimiento:	2024-05-15
Fecha de Recepción:	2023-08-15	Hora de Recepción	12:33:40
Fecha de Análisis:	2023-08-16	Fecha de Emisión:	2023-08-17
Material de Envase:	pet		
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	39	°GL	MIN-06	Alcoholes: Catálogo Agilent Technologies Pág. 501 Modificado / CG-FID
**FURFURAL	<0.01	mg/100 cm ³ AA	MIN-88	NTE INEN 2014:2015/CG-FID
**METANOL	0.2	mg/100 cm ³ AA	MIN-24	NTE INEN 2014:2015/CG-FID
**ALCOHOLES SUPERIORES	0.7	mg/100 cm ³ 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 ítems 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).

Quim. Mercedes Parra
Jefe División Instrumental



JORGE ERAZO N50-109 Y CAPITÁN CRISTOBAL SANDOVAL
 LA CONCEPCIÓN - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
 Telf: (02) 330 0247, 226 9743, 244 4670 / email: informes@multianalityca.com



esPOCH

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: 26 / 02 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Klever Stalyn Yumbra Crespo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

2092-DBRA-UPT-2023

