



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE PROCESO INDUSTRIAL POR VIA SECA USANDO
LA MEZCLA ENTRE PAPA GABRIELA Y ZANAHORIA BLANCA
COMO MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCION DE VODKA EN
LA EMPRESA PRIMICIA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: GUENNY BRIGGITTE QUIZHPE PULLAGUARI

DIRECTOR: Ing. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS MsC

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Guenny Brigitte Quizhpe Pullaguari

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

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

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

Riobamba, 12 de abril de 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Guenny Brigitte Quizhpe Pullaguari', written over a horizontal line.

Guenny Brigitte Quizhpe Pullaguari
C.I. 1150580767

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE PROCESO INDUSTRIAL POR VIA SECA USANDO LA MEZCLA ENTRE PAPA GABRIELA Y ZANAHORIA BLANCA COMO MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCION DE VODKA EN LA EMPRESA PRIMICIA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, realizado por la señorita: **GUENNY BRIGGITTE QUIZHPE PULLAGUARI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023/04/12
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas. MSc DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023/04/12
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinuesa. MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023/04/12

DEDICATORIA

A mi abuelito, porque él quiso verme convertida en una profesional, pero ahora él lo verá desde el cielo y desde ahí el estará feliz por este logro cumplido. A mis queridos padres Oswaldo y Alicia por confiar siempre en mí y brindarme los pilares fundamentales para salir adelante y a mis hermanos por siempre cuidarme y velar por mi bienestar en todo momento, este Trabajo de Integración Curricular es por ustedes y para ustedes, gracias por formar parte de esta etapa tan importante de mi vida.

Guenny

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la salud y fortaleza necesaria para culminar esta etapa de mi vida, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de formarme dentro de sus aulas mediante excelentes docentes que han sabido impartir sus conocimientos, a mis padres por guiarme y apoyarme incondicionalmente, a mis hermanos Evelyn, Dayana y Cristhian que se han estado siempre animándome para no decaer en mis propósitos, a mi sobrino que es mi alegría desde el día que nació y a mi incondicional amiga y compañera, Kristy que ha estado conmigo en toda la trayectoria de mi vida universitaria. Igualmente agradezco al Ing. Marco Chuiza y a la Ing. Mayra Zambrano por su paciencia y dedicación brindada para culminar este Trabajo de Integración Curricular.

Guenny

ÍNDICE DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

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

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes de investigación	4
2.1.1. <i>Cambios de parámetros de calidad del vodka filtrado con carbón activado</i>	5
2.1.2. <i>Análisis del vodka</i>	6
2.2. Referencias teóricas	7
2.2.1. <i>Papa</i>	7
2.2.2. <i>Zanahoria blanca</i>	8
2.2.3. <i>Almidón</i>	8
2.2.4. <i>Hidrolisis del almidón</i>	9
2.2.5. <i>Malta</i>	10
2.2.6. <i>Enzimas</i>	10
2.2.7. <i>Levadura</i>	10
2.2.7.1. <i>Levadura turbo yeast</i>	11
2.2.8. <i>Fermentación alcohólica</i>	11
2.2.9. Operaciones unitarias	11
2.2.9.1. <i>Filtración</i>	12

2.2.9.2.	<i>Destilación simple</i>	12
2.2.9.3.	<i>Destilación al vacío</i>	12
2.2.10.	<i>Vodka</i>	13

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	14
3.1.	Localización del proyecto	14
3.2.	Ingeniería del proyecto	15
3.2.1.	<i>Tipo de estudio</i>	15
3.2.2.	<i>Metodología</i>	15
3.2.2.1.	<i>Método deductivo</i>	15
3.2.2.2.	<i>Método inductivo</i>	15
3.2.2.3.	<i>Método experimental</i>	16
3.2.3.	<i>Selección de la muestra</i>	16
3.2.4.	<i>Técnicas</i>	16
3.2.4.1.	<i>Extracción de almidón</i>	16
3.2.5.	<i>Ensayos para realizar la caracterización de los almidones.</i>	18
3.2.6.	<i>Requisitos que debe cumplir el almidón</i>	22
3.3.	Proceso para la elaboración de vodka.	22
3.3.1.	<i>Procedimiento para la obtención de vodka a nivel de laboratorio</i>	23
3.3.2.	<i>Requisitos del vodka según la normativa NTE INEN 369</i>	28
3.4.	Procedimiento a nivel industrial	29
3.4.1.	<i>Variables de diseño del proceso</i>	29
3.4.2.	<i>Flujograma del proceso</i>	31
3.4.3.	<i>Balance de masa</i>	32
3.4.3.1.	<i>Balance de masa general de la extracción de almidón de la zanahoria blanca</i>	36
3.4.3.2.	<i>Balance de masa general de la obtención de almidón de papa Gabriela</i>	41
3.4.3.3.	<i>Balance de masa general de la obtención de vodka</i>	54
3.4.4.	<i>Balance de energía</i>	56
3.4.4.1.	<i>Balance de energía del secado del almidón de zanahoria blanca</i>	57
3.4.4.2.	<i>Balance de energía del secado del almidón de papa Gabriela</i>	60
3.4.4.3.	<i>Balance de energía de la destilación</i>	63
3.4.5.	<i>Relación volumen del etanol obtenido por gramo de almidón</i>	65
3.4.6.	<i>Dilución de etanol para obtener vodka</i>	65
3.4.7.	<i>Relación del volumen de vodka obtenido y los gramos del almidón</i>	66
3.5.	Dimensionamiento de los equipos	66

3.5.1.	<i>Tanque con agitador de paletas para la mezcla malta-agua</i>	67
3.5.2.	<i>Tanque con agitador de marco y ancla para la mezcla de almidón-agua</i>	71
3.5.3.	<i>Tanque con agitador de marco y ancla para la hidrólisis</i>	75
3.5.4.	<i>Filtro para separar la malta</i>	79
3.5.5.	<i>Marmita para esterilización, inoculación y fermentación</i>	80
3.5.6.	<i>Filtro para separar residuos de la levadura</i>	85
3.5.7.	<i>Columna de destilación</i>	85
3.5.8.	<i>Tanque de almacenamiento</i>	97
3.6.	Análisis de costo-beneficio para la producción de vodka	99
3.6.1.	<i>Inversión fija</i>	99
3.6.2.	<i>Determinación de egresos</i>	100
3.6.3.	<i>Costos totales de inversión fija y egresos</i>	102
3.6.4.	<i>Determinación de ingresos anuales</i>	102
3.6.4.1.	<i>Costo de producción por unidad producida</i>	102
3.6.4.2.	<i>Precio de venta unitaria al público</i>	103
3.6.5.	Cálculo del valor actual neto, tasa de retorno interno y periodo de recuperación	103
3.6.5.1.	<i>Valor actual neto (VAN)</i>	104
3.6.5.2.	<i>Tasa interna de retorno (TIR)</i>	105
3.6.5.3.	<i>Periodo de recuperación</i>	105

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	106
4.1.	Caracterización de la materia prima	106
4.1.1.	Rendimiento del almidón	106
4.1.2.	<i>Análisis organolépticos de la materia prima</i>	106
4.1.3.	<i>Análisis físico de la materia prima</i>	107
4.2.	Validación del producto	107
4.2.1.	<i>Validación del vodka de papa Gabriela y zanahoria blanca</i>	107
4.2.2.	<i>Comparación de precio del vodka obtenido con el vodka comercializado</i>	108
4.3.	Resultados de la dimensión de la planta	108
4.4.	Análisis y discusión de los resultados	111

CAPÍTULO V

	CONCLUSIONES	113
	RECOMENDACIONES	115

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Análisis bromatológico de la zanahoria blanca	8
Tabla 2-2: Valorización de la prueba de Iodo	9
Tabla 1-3: Características geográficas de la Empresa Primicia	14
Tabla 2-3: Obtención de almidón de los tubérculos.....	16
Tabla 3-3: Método para determinar la solubilidad.....	18
Tabla 4-3: Método para determinar el pH.....	19
Tabla 5-3: Método para determinar sustancias reductoras.....	20
Tabla 6-3: Método para determinar residuo por calcinación	20
Tabla 7-3: Método para determinar sensibilidad	21
Tabla 8-3: Requisitos fisicoquímicos del almidón.....	22
Tabla 9-3: Requisitos físicos y químicos para el vodka.....	28
Tabla 10-3: Volumen a ocupar para las mezclas almidón-agua y malta-agua.....	66
Tabla 11-3: Luz de malla para el primer filtro	79
Tabla 12-3: Dimensiones de la marmita para la esterilización, inoculación y fermentación.....	83
Tabla 13-3: Luz de malla para el segundo filtro	85
Tabla 14-3: Datos adicionales para el diseño de la columna	86
Tabla 15-3: Condiciones de operación de la destilación.....	90
Tabla 16-3: Datos para la recta de enriquecimiento.....	91
Tabla 17-3: Datos para la recta de alimentación	91
Tabla 18-3: Datos para la recta de agotamiento.....	92
Tabla 19-3: Datos para la eficiencia del proceso	93
Tabla 20-3: Costos de la inversión fija	99
Tabla 21-3: Costo total de inversión fija.....	100
Tabla 22-3: Costo de elaboración de un lote de producción.....	100
Tabla 23-3: Costo de servicios básicos	101
Tabla 24-3: Costo de mano de obra directa	101
Tabla 25-3: Costo total de egresos.....	102
Tabla 26-3: Costos totales de inversión fija y egresos	102
Tabla 27-3: Producción de ingresos anuales.....	103
Tabla 28-3: Cálculo del VAN	104
Tabla 29-3: Cálculo del PDR.....	105
Tabla 1-4: Rendimiento del almidón	106
Tabla 2-4: Resultados de los análisis organolépticos del almidón.....	106
Tabla 3-4: Resultados físico químicos del almidón	107

Tabla 4-4: Resultados físicos y químicos para el vodka	107
Tabla 5-4: Comparación de precios del vodka obtenido con vodkas del comercio	108
Tabla 6-4: Dimensiones de los equipos	108

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Composición de la papa.....	7
Ilustración 1-3: Ubicación geográfica de la empresa Primicia.....	14
Ilustración 2-3: Diagrama de flujo de la obtención de almidón	18
Ilustración 3-3: Pesado del almidón	23
Ilustración 4-3: Activación de la malta	23
Ilustración 5-3: Hidrólisis.....	24
Ilustración 6-3: Prueba de Iodo	24
Ilustración 7-3: Esterilización	25
Ilustración 8-3: Inoculación.....	25
Ilustración 9-3: Enfriamiento	26
Ilustración 10-3: Fermentación	26
Ilustración 11-3: Filtración.....	27
Ilustración 12-3: Destilación	27
Ilustración 13-3: Estandarización.....	28
Ilustración 14-3: Diagrama de flujo del vodka.....	31
Ilustración 15-3: Porcentaje de alcohol del mosto	46
Ilustración 16-3: Reactor con agitador de paletas	67
Ilustración 17-3: Marmita.....	80
Ilustración 18-3: Columna de destilación.....	86
Ilustración 19-3: Enriquecimiento, agotamiento y alimentación.....	92
Ilustración 20-3: Número de platos	93
Ilustración 21-3: Eficiencia de la columna de destilación.....	94
Ilustración 22-3: Determinación de K.....	95

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE LA ZANAHORIA BLANCA
- ANEXO B:** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN
- ANEXO C:** OBTENCIÓN DE VODKA
- ANEXO D:** ALCOHOL OBTENIDO DE LAS TRES DESTILACIONES
- ANEXO E:** PLANTA DE PRODUCCIÓN
- ANEXO F:** DESTILADOR DE LA EMPRESA PRIMICIA
- ANEXO G:** TABLA TERMODINÁMICA (CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN DEL AGUA)
- ANEXO H:** ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL VODKA

RESUMEN

El presente proyecto técnico se diseñó un proceso industrial por vía seca usando la mezcla entre papa Gabriela y zanahoria blanca como materia prima para la obtención de vodka en la empresa Primicia de la ciudad de Riobamba, para lo cual se basó en una investigación previamente realizada. Se obtuvo el almidón de la papa Gabriela con un rendimiento de 12,11% y la zanahoria blanca con un rendimiento de 14,21%, posterior se caracterizó el almidón mediante un análisis físico químico, donde se obtuvieron los siguientes resultados para la papa Gabriela: pH de 6,47; sustancias reductoras 0,54g/100g y residuo por calcinación 0,14g/100g. El almidón de zanahoria blanca presento los siguientes valores: pH de 6,91; sustancias reductoras 0,32g/100g y 0,162g/100g de residuo de calcinación. Ambos tipos de almidón presentaron solubilidad y una coloración azul en el ensayo de sensibilidad. El proceso para la elaboración del vodka está constituido por la activación de la malta, la gelatinización del almidón, hidrólisis enzimática, filtración, inoculación, fermentación y 3 destilaciones. Se realizó la validación del vodka obtenido mediante la norma NTE INEN 369;2016, donde se obtuvieron los siguientes resultados: grado alcohólico 41°GL, furfural <0,01mg/100cm³, metanol 0,21mg/100cm³ y alcoholes superiores 0,31mg/100cm³, encontrándose todo dentro de la normativa establecida. Se concluyó mediante un análisis costo beneficio la rentabilidad del proyecto con un periodo de recuperación de 2 años con 10 meses, valor actual neto de \$7690,12 y la tasa interna de retorno del 18%, con una inversión inicial de \$37091,04. Se recomienda para futuros proyectos utilizar otros tipos de levadura y enzimas para obtener un mayor grado alcohólico, además de utilizar un filtro de carbón activado para eliminar sabores y olores indeseados y así obtener un producto de mayor calidad.

Palabras clave: <PROCESO INDUSTRIAL>, <VODKA>, <PAPA GABRIELA>, <ZANAHORIA BLANCA>, <HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA>, <FERMENTACIÓN>, <DESTILACIÓN>, <ALMIDÓN >.

0706-DBRA-UPT-2023

The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular official stamp. The stamp is light blue and contains the text 'UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL ECUADOR' around the perimeter and 'FACULTAD DE INGENIERÍA' at the bottom. The signature is written in a cursive style.

ABSTRACT

This technical project designed a dry industrial process using the mixture of Gabriela potato and white carrot as raw material to obtain vodka in the Primicia company in Riobamba, based on a previously conducted research. Starch was obtained from the Gabriela potato with a yield of 12.11 % and white carrot with a yield of 14.21%. Afterwards, the starch was characterized through a physical-chemical analysis, where the following results were obtained for the Gabriela potato: pH of 6.47; reducing substances 0.54g/100g and residue by calcination 0.14g/100g. The white carrot starch presented the following values: pH 6.91; reducing substances 0.32g/100g and 0.162g/100g of calcination residue. Both types of starch showed solubility and blue coloration in the sensitivity test. The vodka production process consists of malt activation, starch gelatinization, enzymatic hydrolysis, filtration, inoculation, fermentation and 3 distillations. The validation of the vodka obtained was carried out using the NTE INEN 369;2016 standard, where the following results were obtained: alcohol content 41°GL, furfural <0.01mg/100cm³, methanol 0.21mg/100cm³ and higher alcohols 0.31mg/100cm³, all within the established regulations. A cost-benefit analysis concluded the profitability of the project with a payback period of 2 years and 10 months, net present value of \$7690.12 and an internal rate of return of 18%, with an initial investment of \$37091.04. It is recommended for future projects to use other types of yeast and enzymes to obtain a higher alcohol content, in addition to using an activated carbon filter to eliminate undesired flavors and odors and thus obtain a higher quality product.

Keywords: <INDUSTRIAL PROCESS>, <VODKA>, <PAPA GABRIELA>, <WHITE CARROT>, <ENZYMATIC HYDROLYSIS>, <FERMENTATION>, <DESTILLATION>, <ALMIDON>.

0706-DBRA-UPT-2023



Dra. Nanci Margarita Inca Chunata. MgS

0602926719

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una gran variedad de vodka producido por alrededor de 55 países en el mundo, esto se debe a los distintos tipos de materia prima que se puede emplear para su elaboración, desde centeno, melaza, trigo y papa. Prácticamente se puede elaborar vodka de toda materia prima que sea rica en azúcar y almidón, agregando enzimas para convertir el almidón en azúcares fermentables. La materia prima influye en el sabor y la textura del producto final. Entre las marcas que lideran el mercado, destacan: Belvedere Vodka, Chopin, Absolut, Smirnoff, Grey goose, Ciroc, Stolichnaya, cuyos productos pasan por tres o cuatro destilaciones obteniendo alcohol etílico con un alto grado alcohólico que luego es estandarizado con una graduación potable.

El trabajo de integración curricular tiene como objetivo diseñar un proceso industrial por vía seca usando la mezcla entre papa Gabriela y zanahoria blanca como materia prima para la obtención de vodka en la empresa Primicia de la ciudad de Riobamba, el trabajo consta de cuatro capítulos, el Capítulo I consta del diagnóstico del problema, en donde se justifica la elaboración de este trabajo y se establecen los objetivos a desarrollar, el Capítulo II se detallan los antecedentes de la investigación y referencias teóricas. En el Capítulo III se describe la metodología y las técnicas fundamentales para la elaboración de vodka y en el Capítulo IV se analizan los resultados tanto del almidón como el vodka, los cuales deben regirse en las normas NTE INEN 369 para su validación técnica y económica. Y finalmente se exponen a las conclusiones a las que se llegó y las recomendaciones que se hace a la empresa para mejorar en estándares de calidad.

Este es un proyecto provechoso para el crecimientos industrial de la ciudad de Riobamba, ya que la empresa Primicia busca expandir su línea de producción, actualmente producen vino y mediante este trabajo técnico buscan diseñar, evaluar y verificar la factibilidad de esta nueva línea de producción aprovechando la riqueza de los productos andinos que se producen en la región sierra de Ecuador y aportando al crecimiento económico y el comercio de los pequeños y grandes comerciantes, que preparan, siembran y cultivan productos como la papa y zanahoria blanca que es la base para la extracción del almidón y posteriormente para la elaboración del vodka.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El Ecuador se caracteriza por ser un país ubicado en la región Andina, en el cual existe diversidad de cultivos entre ellos se destaca la producción de papa que es uno de los cultivos milenarios e importantes que existe junto a la zanahoria blanca, estos tubérculos poseen gran variedad de propiedades nutricionales e incluso por su gran contenido de almidón se lo aprovecha para la elaboración de vodka en la industria. (Pallo Paredes, Guapi Auquilla y Mullo Paucar, 2021, p.3)

La calidad del vodka va a depender esencialmente de la calidad de la materia prima, en este caso de los tubérculos, tanto como la papa y la zanahoria blanca, esta bebida alcohólica se produce mediante la destilación de la fermentación de los tubérculos, llegando a la caracterización que un buen vodka es una bebida insípida es decir posee a un aroma o gusto distintivo. (Chamorro, 2021, p.15)

Según el servicio de rentas internas (SRI, 2022), la producción de vodka a nivel nacional de enero a marzo del 2022 es de 101.088 unidades. Entre las bebidas alcohólicas que tienen mayor producción en nuestro país son el whisky, el ron y el aguardiente, cuyos productores de estas bebidas alcohólicas se encuentra en provincias como Azuay, Tungurahua e Imbabura.

La empresa Primicia con el fin de aumentar la producción de vodka a niveles similares del whisky, ron y el aguardiente y con el afán de contribuir a la industrialización de la ciudad de Riobamba, se ha enfocado en producir vodka, aprovechando que la ciudad es uno de los nueve cantones de la provincia de Chimborazo con una de las tazas de producción más altas de tubérculos. (Telégrafo, 2017)

1.2. Justificación

La industria de las bebidas alcohólicas busca innovar con diferentes materias primas para la obtención de vodka, cuyo producto es uno los más cotizados por ser una bebida alcohólica destilada y con un grado alcohólico no menor a 37,5° GL, además por sus características se lo emplea para coctelería, debido a su neutral sabor (INEN 369, 2016, p.1).

La combinación de la papa Gabriela junto con la zanahoria blanca producen un vodka de calidad, cuyo uso beneficiara a grandes y pequeños productores de la localidad en la venta de la materia

prima, lo cual fomentaría en consumo nacional, siendo un eje fundamental para la reactivación económica, productiva y social del país.

Es importante mencionar que la empresa Primicia anteriormente ya realizó un proyecto de investigación a nivel de laboratorio para la fabricación del vodka, que consiste en la “Evaluación de la mezcla entre papa Gabriela y zanahoria blanca como materia prima para la obtención de vodka de la empresa Primicia” previa a esta, se busca diseñar un proceso industrial por vía seca para la elaboración de vodka de papa Gabriela y zanahoria blanca, que sea rentable y eficiente para una producción por lotes de esta bebida alcohólica, la implantación de esta línea de producción en la empresa presenta un desarrollo económico, ofreciendo puestos de trabajo para el sustento de las familias, además promete una bebida alcohólica de calidad y a un precio accesible a los consumidores, incentivando el consumo moderado de alcohol.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un proceso industrial por vía seca usando la mezcla entre papa Gabriela y zanahoria blanca como materia prima para la obtención de vodka en la empresa Primicia de la ciudad de Riobamba.

1.3.2. Objetivos específicos

- Obtener el almidón de papa Gabriela y zanahoria blanca.
- Realizar la caracterización fisicoquímica del almidón según la normativa NTE INEN 1456:1986.
- Definir las variables de diseño del proceso de obtención de vodka en base a una tesis anterior.
- Diseñar el proceso productivo requerido para la elaboración de vodka.
- Validar técnica y económicamente el proceso según la norma técnica NTE INEN 369.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

Actualmente la producción del vodka es realizada por varias empresas, debido a su popularidad en el mercado, estas empresas han ido innovando su tecnología con el fin de obtener un mejor rendimiento de producción, siguiendo los procesos que se describen a continuación: el sistema de fermentación, cuyo proceso consiste en la degradación moléculas con el fin de transformarlas en moléculas más simples mediante microorganismos, luego se realiza la destilación utilizando columnas de destilación y rectificación. Diversos fabricantes emplean columnas de depuración del alcohol que contienen carbones, el cual sirve para la purificación de la mezcla (Talento, 2011, p.3).

De acuerdo con Ponce López (2011, p. 120) el proceso de fabricación del vodka empieza con la preparación de la malta, para esto deja reposar el grano en depósitos removiéndolo con agitadores, luego pasa a la germinación en un lugar que tenga poca luz, se requirió 25 m² de superficie por mil litros del material humectado con un espesor de 10 cm. La cocción de las papas se realiza con el objetivo eliminar la capa que cubre la célula, para convertir la fécula en engrudo, este proceso se lo realiza a una presión de 3 atm por 30 minutos. Posteriormente se introduce en el mezclador la malta molida combinada con agua, cuando se agrega la papa cocida el agitador empieza a trabajar a una temperatura no mayor a 59°C para inhibir la mezcla de bacterias, luego se deja descender la temperatura hasta que llegue a 18°C y se lo lleva al fermentador y finalmente se realiza la destilación para obtener vodka, pero antes el producto obtenido es filtrado mediante carbón activado.

Otra investigación de Alcivar (2017, p. 66) en la que diseño una posible planta para la ciudad de Quito, el cual consiste en un tanque de mezcla óptimo para el proceso por que cual se somete la mezcla, con un volumen total de 58 litros/carga y una altura de 0,55 metros, un fermentador que posee un agitador tipo Rushton con seis paletas, cuya potencia es de 0,12 hp, además para el diseño de este fue necesario considerar la altura que generara el dióxido de carbono, una vez finalizado el proceso de fermentación pasa por un filtro para retirar solidos no deseados y luego dirigirse a la unidad de destilación a una temperatura que oscile entre 70°C a 91°C. El vapor que se produce se dirige a un condensador por donde sale el producto final. Finalmente se utilizaron software como HYSYS y VisiMix para comprobar el diseño de la planta.

Según la previa investigación realizada por Montero (2022, p.15) de la evaluación entre la papa Gabriela y zanahoria blanca como materia prima para la obtención de vodka en la empresa Primicia, las variables utilizadas en el proceso fueron, una temperatura de 70°C para la gelatinización con agitación durante una hora, en la fermentación con una temperatura de 22°C por un tiempo de 5 días. Se realizaron tres destilaciones, la primera fue una destilación simple a una temperatura de 72,8°C y las dos últimas se realizaron en un rotavapor a una presión de 300mmHg en un tiempo de 45 minutos a una temperatura de 85°C, el vodka obtenido mostro características de 0,57mg/100cm³ de acidez, 1,21mg/100cm³ de congéneres y 40°GL, en cuanto a características organolépticas presento un aspecto transparente, incoloro y un leve aroma a zanahoria blanca, cumpliendo así los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 369.

2.1.1. Cambios de parámetros de calidad del vodka filtrado con carbón activado

Con el afán de mantener y aumentar las ventas del vodka en el mercado europeo, los productores buscan alternativas novedosas que atraigan a clientes potenciales, elaborando el producto con materia prima diferente que se enfoque en la calidad y la innovación de este, todo esto con el objetivo de intentar alcanzar o al menos acercarse a la prestigiosa marca Russian Standard, reconocida dominar gran parte del mercado premium. (Siríšťová et al., 2012: pp. 474-482)

La tecnología más importante en la elaboración del vodka es el contacto que tiene con el carbón activado, cuyo fin es reducir las características organolépticas propias de la materia prima empleada para el proceso, eliminar las mezclas orgánicas que se encuentran en la solución de etanol y garantizar la catálisis de reacciones químicas. Para ello se evaluó la introducción de la filtración de una columna de carbón activado sobre la calidad del vodka. (Siríšťová et al., 2012: pp. 474-482)

El dispositivo consta de dos filtros de arena de 600 litros y una columna de carbón con una capacidad de 1500 litros, rellena de 100kg de carbón activado, el carbón es de madera de abedul siberiano, cuya densidad es de 240 kg/m³. Antes de iniciar la filtración del vodka se debe enjuagar el dispositivo con agua, se ingresa alcohol con 42% de volumen de etanol y se verifica el nivel de etanol a la salida. La temperatura optima fue de 18 a 20°C, ya que a mayor temperatura el carbón libera aldehídos. (Siríšťová et al., 2012: pp. 474-482)

Las muestras utilizadas para el análisis fueron tres vodkas checos y un vodka originario de rusia. Se recogieron varias muestras en el trascurso de las pruebas con el fin de comparar su composición, los cuales mediante un análisis de cromatografía de gases revelaron mínimas concentraciones de acetaldehídos y metanol. También se realizaron análisis sensorial, cuyas

pruebas fueron parte esencial para la evaluación, los resultados evidenciaron un efecto positivo de la filtración con carbón activado en la calidad del vodka, que no disminuyó cuando se aplicó caudales más altos durante el proceso de filtración, ya que no reduce la eficiencia de absorción del dispositivo, en su lugar reduce el tiempo que implica el proceso de filtración. (Sirištová et al., 2012: pp. 474-482)

2.1.2. Análisis del vodka

Como ya se ha mencionado anteriormente el vodka es una bebida alcohólica que se puede fabricar a partir de diversas materias primas de origen agrícola, como lo es la papa y los cereales. Debido a la diversificación de materia prima que se puede utilizar para este proceso, se obtiene diversos tipos de productos final. El principal desafío que presenta el análisis del vodka son las bajas concentraciones de los compuestos presentes (Wiśniewska et al., 2015: pp.2-9).

La cromatografía de gases es la técnica mediante la cual se realizan análisis de bebidas alcohólicas destiladas. En el horno del equipo se encuentra una columna de polietilenglicol, aquí se inyecta la muestra con la ayuda de una jeringa y es la encargada de interactuar con las sustancias que compone la muestra, luego se dirige al detector, donde llegan los analitos separados del componente para ser detectado. La sustancia que va a ser analizada debe ser volátil y térmicamente estable. Una fuente de gas es la encargada de transportar la muestra del puerto de inyección hacia el detector, los gases más utilizados para realizar esta función son: el helio, nitrógeno e hidrógeno (Casper, 2018, p.2).

Se analizaron 32 tipos de vodkas de Brasil en cuanto al contenido de alcoholes superiores, acetaldehído, acetato de etilo y metanol. Los resultados obtenidos mostraron que tanto el metanol como el acetaldehído estaban presentes en las muestras, pero en concentraciones por debajo del límite de cuantificación, mientras que la gran parte de las muestras, en su contenido de alcoholes superiores y acetato de etilo no cumplía con los estándares, aunque el contenido de contaminantes fue inferior a los valores prescritos por el reglamento brasileño (Wiśniewska et al., 2015: pp.2-9).

También existen otros tipos de estudios que sirven para analizar el vodka, entre ellos esta: la cromatografía iónica, sirve para identificar concentraciones de iones sodio, potasio, magnesio, calcio, cloruro, nitrato y sulfato en vodkas, la espectrofotometría, absorción atómica y la cromatografía líquida de alta resolución, estos son utilizados para determinar ciertos compuestos específicos que son difíciles de determinar mediante un análisis cromatógrafo de gases. En

comparación con otras bebidas alcohólicas, el vodka tiene el perfil de aroma más pobre, es decir tiene menor cantidad de sustancias volátiles (Wiśniewska et al., 2015: pp.2-9).

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Papa

La papa se considera como uno de los alimentos más importantes en la dieta de la población ecuatoriana, además es considerado el cuarto cultivo más importante en el mundo luego del maíz, el trigo y el arroz. Corresponde al género *Solanum* de la sección *Potatoe*, es una planta herbácea, caducifolia, perenne que produce tubérculos, existe 350 variedades de papa, se los puede clasificar en papas nativas y mejoradas. Aproximadamente el 90% de la papa en nuestro país es consumida en estado fresco, entre los usos industriales destacan: chips de papa, a la francesa, pre fritas y enlatadas. También tiene otros usos, como para la obtención de almidón, alcohol y la celulosa de la cascara (Mendoza, 2005, pp. 7-9).

El almidón es el principal contenido de los tubérculos y la papa no es la excepción, es un polisacárido, cumple la función de espesante, estabilizante y gelatificante, debido a estas propiedades presenta aplicaciones en la elaboración de papel, adhesivos, textiles, en la consistencia de alimentos y en la elaboración de plásticos biodegradables. Las propiedades fisicoquímicas tanto de la papa como del almidón van a variar según el tipo de papa, la zona en la que se cultiva, la fertilización y el crecimiento de la planta (Vera Bravo y Chavarría Chavarría, 2020, p. 27).

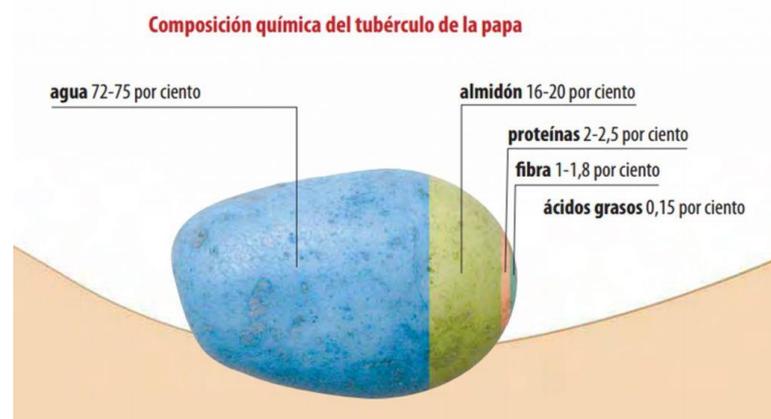


Ilustración 1-2: Composición de la papa

Fuente: (Sierra, Solano y Valderrama, 2016)

2.2.2. Zanahoria blanca

La zanahoria blanca sin duda es una de las plantas más cultivadas desde la antigüedad, posee un almidón de tamaño pequeño y de sencillo digestibilidad en una proporción de 10 a 25%, contiene calcio (0,28%) y cantidades necesarias de fósforo, hierro, vitaminas, caroteno, etc. Debido a su gran valor nutricional es recomendado en la dieta diaria de niños y adultos mayores

Pertenece a la familia Apiaceae o Umbelliferae y a la especie *Arracacia xanthorrhiza*, es una planta herbácea, actualmente se cultiva en países como Colombia, Perú, Venezuela, Bolivia, Brasil y Ecuador (Mazón et al., 1996, pp. 1-16).

Tabla 1-2: Análisis bromatológico de la zanahoria blanca

COMPONENTE	UNIDAD			PROMEDIO
	Blanca	Amarilla	Morada	
Materia seca %	16,15	16,36	19,67	17,39
Proteína*	4,32	6,41	4,83	5,18
Cenizas*	4,89	6,03	4,52	5,14
Fibra*	5,00	5,46	2,43	4,29
Almidón*	67,29	65,49	72,32	0,75
Azúcar total*	8,40	8,23	9,09	8,57
Azúcares reductoras*	6,05	6,38	6,41	6,28
Energía kcal/g	3,86	3,89	3,80	3,88

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023

Fuente: INIAP, 1996

2.2.3. Almidón

El almidón es un polisacárido presente en la mayor parte de vegetales, se encuentra en mayor proporción en los cereales, legumbres y algunas frutas, hay dos polímeros principales de unidades de glucosa que forman el almidón; la amilosa es una molécula cadena lineal que está constituido de enlaces de glucosídicos y la amilopectina, esta es una molécula de cadena ramificada que consta de enlaces glucosídicos. El almidón se puede degradar mediante enzimas de tipo endoamilasas, exoamilasas, enzimas desramificadoras y transferasas, por cada tipo de enzima que se emplee para la degradación se puede obtener diferentes productos (Jagadeesan, Govindaraju y Mazumder, 2020, p. 465).

2.2.4. Hidrolisis del almidón

Tanto como el tamaño, la estructura granular y el tipo de cristal del almidón, son factores que dependen para realizar la hidrolisis, esta puede ser ácida o enzimática, para la obtención de vodka entre la mezcla de papa Gabriela y zanahoria blanca, se optó por el empleo de hidrolisis enzimática a una temperatura no mayor a 70°C, este es el paso inicial para la obtención de azúcares, para luego serán aprovechados en la fermentación.

La hidrolisis enzimática rompe las moléculas del almidón para obtener azúcares a partir de la α -amilosa y después por la amiloglucosidasa (AMG), consiste en dos etapas: la licuefacción y la sacarificación. La licuefacción es la hidrolisis parcial del almidón y tarda 2 horas, aquí se emplea la enzima α -amilosa, mientras que la sacarificación tarda de 12 a 48 horas, eso dependerá del grado de hidrolisis que se desea y se empleará la enzima AMG (Castaño, Cardona, Mejía y Acosta, 2011; citados en Morales y Molina, 2015, p.48).

Para obtener una eficiente hidrolisis enzimática del almidón por amilasa, como lo requiere el proceso de obtención del vodka, es favorable que este gelatinizado, es decir que el almidón sea calentado con un exceso de agua para que se produzca una difusión de agua, hinchazón e hidratación del almidón, formación así la siguiente ecuación (Mendoza et al., 2017, p.41).



Finalmente se realiza la prueba de yodo para constatar que la mezcla este hidrolizada, es decir que no exista presencia de almidón y solo exista azúcares, la prueba consiste en tomar una muestra de la mezcla para luego agregarle yodo y se observaba el cambio de coloración que toma la mezcla, mostrándose en la tabla siguiente la descripción que corresponde a cada coloración.

Tabla 2-1: Valorización de la prueba de Iodo

COLORACIÓN	DESCRIPCIÓN
Marrón	No existe presencia de almidón
Azul	Existe presencia de almidón

Fuente: Montero, 2022

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2022

2.2.5. Malta

Es el grano de la cebada que pasa por el proceso de malteado, para germinar los granos y luego ser secadas y horneadas, en la germinación se activan las enzimas α -amilasa, β -amilasa, estas son necesarias para modificar el almidón en glucosa, otra enzima que activa es la enzima proteasas, que tiene la función de descomponer las proteínas que contiene la cebada para que se pueda ser utilizada por las levaduras (Chamorro, 2021, p. 19).

2.2.6. Enzimas

También son conocidos como catalizadores biológicos, esta formados por aminoácidos, su función es acelerar la velocidad a la que transcurren las reacciones químicas. Las enzimas son entidades genéticas que convierten la información genética en acción, dicha información es almacenada en una secuencia lineal: adenina, guanina, citosina y timina. Las enzimas más sencillas están constituidas por una sola cadena proteica, la masa molecular de dicha enzima sencilla es del orden 30.000 a 50.000 dalton («J. Plou, F. (2016). Las enzimas. Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas.» 2016, p. 23).

Las primeras aplicaciones en las que se aplicó enzimas fueron en los procesos de degradación, asociado a la ruptura de enlaces, además se lo ha usado como componentes de detergente o para la transformación de los almidones en azúcares mediante hidrolisis enzimática. Actualmente se lo emplea en la industria alimentaria, química y farmacéutica para el diagnóstico de enfermedades y análisis clínicos («J. Plou, F. (2016). Las enzimas. Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas.» 2016, p. 18).

2.2.7. Levadura

Son microorganismos aeróbicos pertenecientes al reino Fungí, han sido empleados por la mano del hombre para elaborar diversos productos mediante en proceso de fermentación, desde los antiguos egipcios en la fabricación de pan y vino, hasta la actualidad en el uso de la repostería, panadería y la producción de bebidas alcohólicas. En gran parte, las levaduras soportan un pH de 3 a 10, pero es conveniente un medio ácido con un pH que oscile entre 4,5 a 6,5 (Suárez, Garrido y Guevara, 2016, p. 21).

Entre las levaduras más destacadas para el consumo humano, tenemos; *Saccharomyces cerevisiae*, aplicada en la elaboración de pan y cerveza, son heterótrofas, toleran altas concentraciones de azúcar y fermentan azúcares dando lugar a la producción de etanol,

Kluyveromyce, es una de las pocas levaduras que tiene la capacidad de hidrolizar lactosa y azúcares eficientemente, *Candida utilis* es un microorganismo de gran importancia en la industria, es utilizada como fuente de nutrientes, mediante la producción de proteínas unicelulares, lo que llevaría a la elaboración de pigmentos carotenoides (Tuárez Párraga, Laz Mero y Bermello Ochoa, 2020, p. 116).

2.2.7.1. Levadura turbo yeast

La levadura que se va a emplear para este proceso de obtención de vodka es la levadura Turbo Yeast, tiene un excelente rendimiento, es rápida en el proceso de fermentación, es capaz de fermentar 6kg de azúcar en 36 horas y alcanza los 18 % ABV, cuando se usa 8kg de azúcar tiene un excelente nivel de tolerancia a la temperatura, el gran avance en el desarrollo de esta levadura permite producir alcohol de calidad triplemente destilado. Para utilizar la levadura se debe limpiar y esterilizar previamente el equipo antes de usarlo, preparar el mosto y ajustar a la temperatura de 30°C y finalmente se agrega la levadura.

2.2.8. Fermentación alcohólica.

Según (et al. 2007, p.8) la fermentación alcohólica es una biorreacción que degrada los azúcares por medio de levaduras o por ciertos hongos en alcohol y dióxido de carbono. La presencia de oxígeno permite que la levadura respire, crezca y se oxida completamente la glucosa. La fermentación obedece a la siguiente ecuación estequiométrica:



El proceso de fermentación depende de la temperatura del lugar, la concentración de azúcar y la levadura empleada para que se dé la fermentación. Este tipo de fermentación se la emplea para la elaboración de cerveza, vino, licor y bebidas destiladas. En el proceso de elaboración de vodka de la mezcla de papa Gabriela y zanahoria blanca se agrega levadura Turbo Yeast cuando la mezcla tiene un pH de 4.5, el tiempo de fermentación dura entre 3 a 5 días hasta que se observe la separación de la parte líquida y sólida (Carbonero, 1975, pp.10-11).

2.2.9. Operaciones unitarias

Según la previa investigación realizada por Montero (2022, pp. 36-37), se determinaron el uso de las siguientes operaciones unitarias dentro del proceso:

2.2.9.1. Filtración

Es una operación unitaria que consiste en eliminar las partículas suspendidas y coloidales que están presentes en un fluido, a través de medios filtrantes o una pared separadora que se encargan de retener la parte sólida, y dejar fluir libremente la parte líquida. El fluido pasa por el medio filtrante debido a la diferencia de presión a través del medio, por ende, los filtros se clasifican en función a la presión en filtros que trabajan en una presión superior a la atmosférica y los que trabajan con una presión atmosférica (McCabe, Smith y Harriott, 2017: p. 1055).

2.2.9.2. Destilación simple

Uno de los objetivos de la destilación simple en el proceso de la elaboración del vodka es la eliminación de congéneres que se produjeron en la etapa de fermentación, los cuales son los responsables de los efectos secundarios que produce el consumo de alcohol y la obtención de alcohol etílico mediante la diferencia de punto de ebullición, el proceso depende de la presión de vapor de la mezcla líquida, cuya presión se logra suministrando una fuente de calor como un agente separador, el cual hace que el líquido se vaporice, luego se vuelve a condensar y finalmente es recogido en un recipiente (Spaho, 2017, p. 130).

Cuando se destila los primeros componentes en salir son cetonas y metanol, debido a que presentan mayor volatilidad, esto es denominado “cabeza del destilado”, y al final de la destilación tenemos la “cola del destilado” en donde se encuentran componentes menos volátiles, como: alcohol propílico, butílico, amílico. Tanto la cabeza como la cola deben ser desechados para evitar la contaminación del etanol (Stone y Nixon, 2000, p. 11).

Las bebidas alcohólicas se pueden dividir destiladas y no destiladas luego de la fermentación, dentro de las bebidas no destiladas están las cervezas y los vinos, mientras que dentro de las bebidas destiladas se encuentran el whisky, el ron, el brandy, la ginebra, el vodka, entre otros. También son llamados licores o licores fuertes debido a su alta graduación alcohólica que alcanza después de pasar por una o más destilaciones (Stone y Nixon, 2000, p. 10).

2.2.9.3. Destilación al vacío

Es también conocida como destilación a presión reducida, consiste en hervir el líquido cuando la presión del vapor es igual a la presión atmosférica se puede reducir el punto de ebullición disminuyendo la presión en la cual se está dando la destilación, es decir, la destilación al vacío

nos permite destilar a bajas temperaturas evitando que las sustancias se descompongan térmicamente (López et al., 2005, p.8).

2.2.10. *Vodka*

La palabra vodka proviene del ruso “Voda” o agua en castellano, los polacos también utilizaban este término para referirse a una bebida blanca destilada (Valeriano, 2021, p. 8). Es una bebida alcohólica que con el tiempo ha ido evolucionando para mejorar el proceso de finura y calidad, posee un aspecto transparente e incoloro que lo identifica, sus primeras apariciones fueron en Rusia y Polonia. Tradicionalmente las materias primas que se utilizan para la elaboración del vodka son los tubérculos, cereales o aquellas plantas ricas en almidón (Abramova et al., 2020, p. 2-4). Un parámetro fundamental para determinar un vodka de buena calidad es su suavidad, para ello se lleva a cabo múltiples destilación (Valeriano, 2021, p.7). Según la previa investigación realizada para la elaboración de esta bebida espirituosa, se llevó a cabo una destilación simple y dos destilaciones al vacío, para finalmente llevar al alcohol obtenido a una estandarización que consiste en una disolución con agua, para obtener una graduación mínima de 37,5 según la normativa establecida.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del proyecto

El presente trabajo de integración curricular tipo técnico, será implementado en la ciudad de Riobamba, ubicada en la provincia de Chimborazo, para beneficio de la empresa Primicia, cuyo propósito es implementar una línea de producción de vodka, cuyas características geográficas se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 1-3: Características geográficas de la Empresa Primicia

PROVINCIA	Chimborazo
CANTÓN	Riobamba
PARROQUIA	Lizarzaburu
DIRECCIÓN	Av. 11 de noviembre y Eduardo Kingman
CLIMA	Temperatura máxima promedio: 18°C
	Temperatura mínima promedio: 8°C

Fuente: Google Maps, 2023

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023

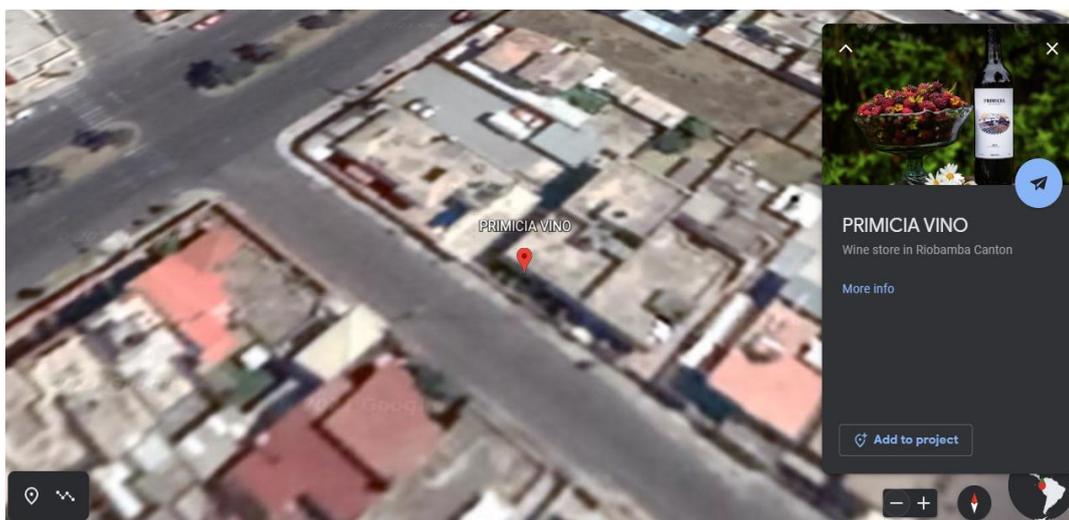


Ilustración 1-3: Ubicación geográfica de la empresa Primicia

Fuente: Google Maps, 2023

3.2. Ingeniería del proyecto

A continuación, se describen los pasos necesarios para el óptimo desarrollo de este proyecto.

3.2.1. Tipo de estudio

El presente proyecto del diseño de proceso industrial por vía seca usando la mezcla entre papa Gabriela y zanahoria blanca como materia prima para la obtención de vodka en la empresa Primicia de la ciudad de Riobamba es de tipo técnico, se lo realizará siguiendo un procedimiento establecido por un estudio realizado posterior a este, tanto para la obtención del almidón y el vodka se aplican operaciones unitarias y procesos bioquímicos, controlando las variables involucradas.

3.2.2. Metodología

Para conseguir los objetivos planteados en el presente proyecto técnico se tomará en cuenta tres tipos de metodologías que nos facilitará la determinación de los parámetros fundamentales en el transcurso del proceso tanto de la obtención del almidón y el vodka, asegurando una excelente calidad cumpliendo las normas NTE INEN regidas a estas, para su aprovechamiento a nivel industrial en la empresa Primicia de la ciudad de Riobamba.

3.2.2.1. Método deductivo

Nos basaremos en fundamentos teóricos y conocimientos preliminares para la obtención de vodka mediante una investigación previamente hecha con el fin de diseñar un proceso industrial productivo donde intervienen las variables del proceso.

3.2.2.2. Método inductivo

Se basa en los resultados proporcionados en la experimentación, observando, registrando, analizando, experimentando y comparando, lo fundamental en este método es llevar un registro de todo lo que se realice para poder validar la información que resulte.

3.2.2.3. Método experimental

En este método se empleará diferentes equipos e instrumentos para la obtención del almidón, este se utilizará para la obtención de vodka de la mezcla de la papa Gabriela y zanahoria blanca, cuyo producto deberá cumplir la norma NTE INEN 369.

3.2.3. Selección de la muestra

Tanto para la selección de la muestra de la papa Gabriela y la Zanahoria blanca se realizará en la región sierra, tomando en cuenta producción agrícola de la ciudad de Riobamba, específicamente de los productos que se comercializan en el mercado Mayorista.

Las principales características que se tomarán en cuenta en la selección de los tubérculos serán los siguientes:

- Madurez
- Tamaño
- Libre de daños

3.2.4. Técnicas

Para la caracterización del almidón de papa Gabriela y zanahoria blanca se basará en la norma NTE INEN 1456:1986 y la validación técnica del proceso de obtención de vodka se sustentará en base a la norma NTE INEN 369. Tanto las pruebas del almidón y el vodka serán realizadas dentro de las instalaciones de los laboratorios de la ESPOCH y el laboratorio que nos proporcionó la empresa Primicia.

3.2.4.1. Extracción de almidón

La técnica empleada para la extracción de almidón de la papa Gabriela y zanahoria blanca, se explica a continuación.

Tabla 2-3: Obtención de almidón de los tubérculos

Materiales y Equipos		Reactivos	
➤ Licuadora industrial	➤ Guantes de nitrilo	➤ Agua	
➤ Cuchillos		➤ Agua destilada	

➤ Balanzas	➤ Recipiente de plástico	➤ Metabisulfito de sodio (Na ₂ S ₂ O ₅)
➤ Probetas	➤ Tela filtrante	
➤ Espátula	➤ Secador de bandejas tipo armario	
➤ Vidrio reloj	➤ Papel aluminio	
➤ Cronómetro	➤ Guantes aislantes	
➤ recipiente de vidrio	➤ Fundas herméticas	
	➤ Mortero y pistilo	

Procedimiento

- Se receiptan la materia prima (papa Gabriela y zanahoria blanca) y se los clasifica para desechar aquellos que se encuentren en mal estado, a continuación, se lava y pesa, para poder retirar la corteza y nuevamente se pesa, para obtener la cantidad de cáscara residual obtenida y la cantidad específica de la papa que se la va a cortar en pequeños trozos.
- Desinfectar los trozos de papa y zanahoria blanca con una solución al 0,5% de agua destilada y metabisulfito de sodio por aproximadamente 15 minutos con el fin de eliminar hongos y bacterias contenidas en la materia prima.
- Licuar la materia prima durante 5 minutos junto con agua de botellón, se agrega 1 litro de agua por cada 0,5 Kg de materia prima.
- Una vez licuado la materia prima se filtra utilizando tela filtrante utilizando guantes para evitar contaminar la muestra.
- Repetir 4 veces los dos pasos anteriores con el bagazo sobrante en cada filtración en el mismo orden, con el fin de no perder almidón que suele quedarse en la fibra del tubérculo desechado luego de la filtración.
- Dejar reposar durante 12 horas para que se sedimente el almidón al fondo del recipiente. Luego retirar el agua del recipiente, si se torna difícil sacar el agua del fondo del recipiente se debe utilizar una jeringuilla para asegurarse quitar el agua y quedarse con el almidón sedimentado.
- Pesar y dejar secar el almidón en un secador de bandejas a una temperatura 60°C por un periodo de 12 horas. Cada 40 minutos se debe tomar el peso de la muestra, debido a que si este peso comienza a ser constante será un indicativo de que el almidón está completamente seco y listo para secarse en el secador de bandejas.
- Triturar el almidón seco hasta obtener una granulometría de 106 µm, pesar y almacenar el almidón en fundas herméticas

Fuente: (Montero, 2022, p. 38).

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023

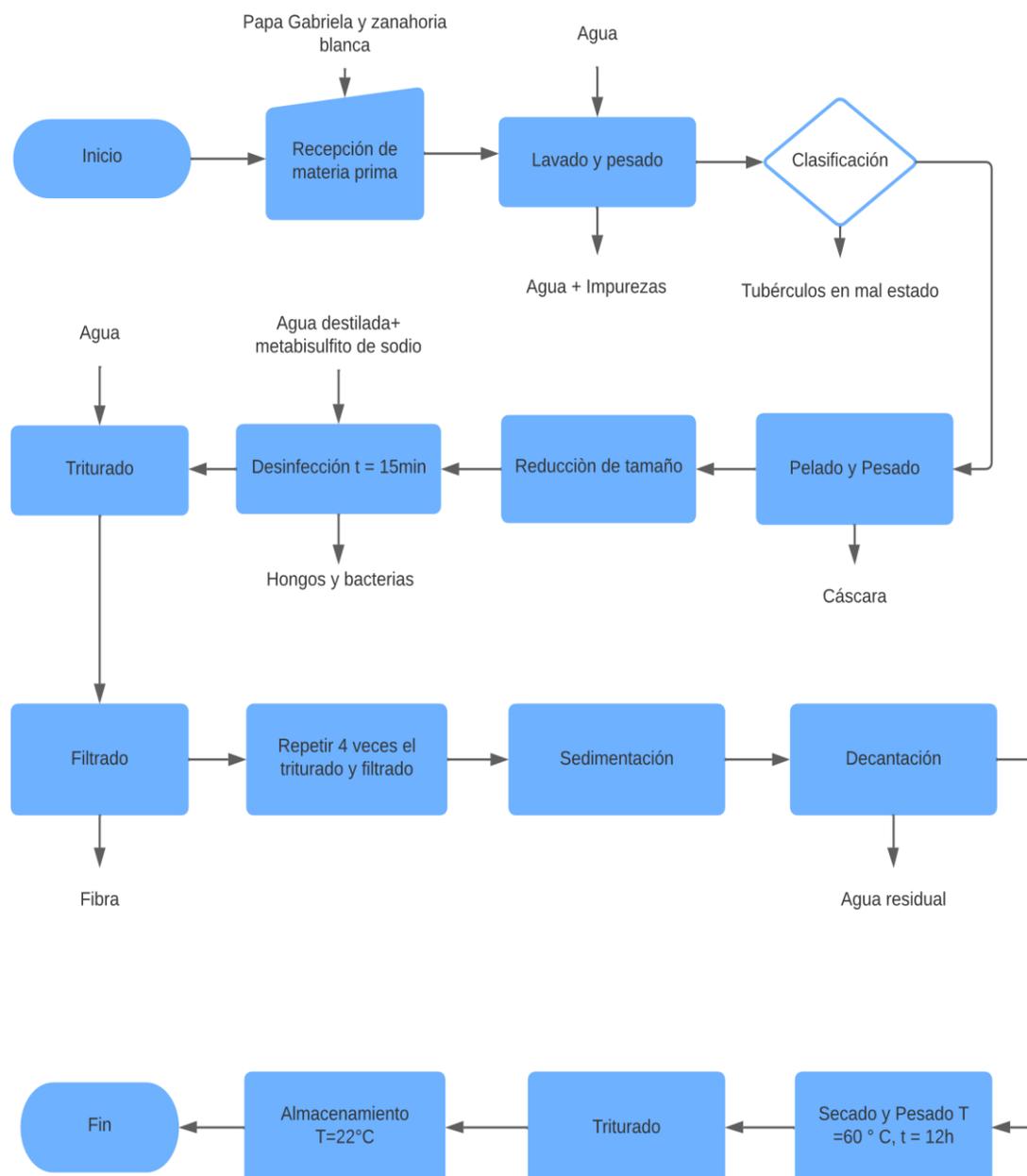


Ilustración 2-3: Diagrama de flujo de la obtención de almidón

Fuente: (Montero 2022, p. 35)

3.2.5. Ensayos para realizar la caracterización de los almidones.

- Método para determinar la solubilidad

Tabla 0-1: Método para determinar la solubilidad

Materiales y Equipos	Reactivos
– Balanza analítica.	

<ul style="list-style-type: none"> – Vaso de precipitación de 25 y 200 cm³. – Agitador de vidrio. – Calentador de placa. – Probeta graduada de 100 cm 	
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> – En un vaso de precipitación de 25 cm³ pesar 2g de muestra, añadir 5 cm³ de agua fría y agitar. – Transferir totalmente la suspensión sobre 100 cm³ de agua hirviendo contenida en un vaso de precipitación de 200 cm³, continuar la ebullición por aproximadamente 2 min. – Guardar la solución para determinación de pH. 	
Resultado	
Considerar que la muestra en examen cumple con el requisito cuando se observa sólo ligera opalescencia que se mantiene sin intensificar después de enfriamiento de la solución	

Fuente: (NTE INEN 1456, 2012, pp. 1).

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

➤ Método para determinar el pH

Tabla 4-3: Método para determinar el pH

Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> – Medidor de pH. – Electrodo de vidrio y de calomel. – Agitador de vidrio. 	
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> – Pesar 5 g de almidón en base seca, disolver en 25 mL de agua destilada. – Normalizar el medidor de pH a 25 °C sumergiendo los electrodos en solución tampón pH 7,0 y ajustar el control a esta temperatura. – Con el control de asimetría ajustar el instrumento al valor de pH correcto de la solución tampón. – Con el control correspondiente retornar el equipo a su posición de reposo. – Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente. – Sumergir los electrodos en la solución que debe estar a 25 °C. – Accionar el control de lectura y leer el pH. 	

Resultado
Considerar que la muestra cumple con el requisito si el pH obtenido se encuentra entre 5,0 y 7,0.

Fuente: (NTE INEN 1456, 2012, pp. 1-2)

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

- Método para determinar sustancias reductoras.

Tabla 5-3: Método para determinar sustancias reductoras

Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> – Balanza analítica. – Vaso de precipitación de 200 cm³. – Probeta graduada de 50 cm³. – Calentador de placa. – Crisol filtrante de vidrio de poro mediano. – Estufa. – Desecador. 	<ul style="list-style-type: none"> – Solución reactiva de Fehling.
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> – En un vaso de precipitación pesar 5g de almidón soluble, añadir 50 cm³ de solución reactiva de Fehling y calentar en forma tal que aproximadamente en 4 min. alcance la ebullición. Hervir exactamente durante 2 min. – Filtrar por crisol de vidrio previamente tarado, lavar el residuo con agua caliente, 10 cm³ de etanol y 10 cm³ de éter. – Colocar en estufa a 105°C durante una hora, enfriar en desecador. – Repetir la operación indicada anteriormente hasta masa constante. 	

Fuente: (NTE INEN 1456, 2012, pp. 2-3)

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

- **Método para determinar residuo por calcinación.**

Tabla 6-3: Método para determinar residuo por calcinación

Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> – Balanza analítica. 	<ul style="list-style-type: none"> – Ácido sulfúrico R.A.

<ul style="list-style-type: none"> – Mufla. – Calentador de placa. – Baño de María. – Campana de extracción de material anticorrosivo. – Crisol de platino o porcelana. – Desecador. – Pipetas graduadas. – Perilla aspiradora. 	
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> – En un crisol de porcelana o platino pesar 1 g de muestra. Calentar hasta ignición bajo campana de extracción. Añadir al material carbonizado 1 cm³ de ácido sulfúrico R.A. El calentamiento debe ser suave, bajo al principio, y continuando en tal forma que requiera 1 a 2 horas para carbonizar totalmente la materia orgánica. – Calcinar a 800 ± 25°C por 15 min, enfriar en desecador y pesar. Repetir hasta obtener masa constante. 	
Cálculos	
<p>El contenido de residuo por calcinación se determina mediante la ecuación siguiente:</p> $R = \frac{m_1}{m} * 100$ <p>Siendo:</p> <p>R = residuo por calcinación, en g/100 g,</p> <p>M1 = masa del residuo, en g,</p> <p>m = masa de la muestra, en g.</p>	

Fuente: (NTE INEN 1456, 2012, p. 3)

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

➤ Método para determinar sensibilidad

Tabla 7-3: Método para determinar sensibilidad

Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> – Balanza analítica. – Vaso de precipitación, de 25 y 250 cm³. – Calentador de placa. – Probeta graduada, de 200 cm³. – Pipetas graduadas. 	<ul style="list-style-type: none"> – Ioduro de potasio R. A. – Solución de Iodo 0,1 N. – Solución de tiosulfato de sodio 0,1 N.

– Perilla aspiradora.
Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> – En un vaso de precipitación de 25 cm³ pesar 1 g de muestra. Añadir 5 cm³ de agua fría y agitar. – Transferir totalmente la suspensión en un vaso de precipitación con 200 cm³ de agua hirviendo. – Enfriar y añadir 5 cm³ de esta solución a 100 cm³ de agua conteniendo 50 mg de Ioduro de potasio. Añadir 0,05 cm³ de solución de Iodo 0,1 N.
Resultado
Considerar que la muestra cumple con el requisito cuando se produce color azul profundo.

Fuente: (NTE INEN 1456, 2012, p. 4)

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

3.3.6. Requisitos que debe cumplir el almidón

Según la NTE INEN 1459 el almidón debe presentarse como un polvo blanco, insípido e incoloro. Además, el almidón debe cumplir los siguientes requisitos establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 8-3: Requisitos fisicoquímicos del almidón

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Solubilidad	-	Debe cumplir el ensayo		NTE INEN 1456
pH de una solución 2g/100 cm ³ , a 25°C	-	5,0	7,0	NTE INEN 1456
Sustancias reductoras	g/100g	-	0,7	NTE INEN 1456
Residuo por calcinación	g/100g	-	0,4	NTE INEN 1456
Sensibilidad	-	Debe cumplir el ensayo		NTE INEN 1456

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de normalización (INEN) 1459 ,1986, p.2)

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

3.3. Proceso para la elaboración de vodka.

El almidón de la papa Gabriela y la zanahoria blanca sirven como materia prima para la obtención del vodka, a continuación, se describe el proceso de obtención de esta bebida destilada.

3.3.1. Procedimiento para la obtención de vodka a nivel de laboratorio

➤ Se coloca 375 gramos de almidón de papa Gabriela y 375g almidón de zanahoria blanca, en una relación 1:5, inmediatamente se calienta la mezcla almidón-agua a una temperatura no mayor de 70°C agitando constantemente hasta homogenizar la mezcla, esta mezcla debe tener una textura viscosa.



Ilustración 0-1: Pesado del almidón

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

➤ Pesar 750g de malta molida y colocar agua en una relación 1:5, calentar la mezcla malta-agua a un $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$ agitando constantemente, con el fin de activar la malta. Enseguida, el almidón gelatinizado se incorpora con la mezcla malta-agua, ambas mezclas deber tener un pH dentro del rango de 5 a 5,9 y a una $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$. El hidróxido de sodio sirve para aumentar el pH de la mezcla, si esta no está en el rango idóneo, mientras que el ácido cítrico reduce el pH.



Ilustración 4-3: Activación de la malta

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

- Para la hidrólisis enzimática, se calienta y mantiene la mezcla durante 2 horas a una temperatura no mayor a 70°C.



Ilustración 5-3: Hidrólisis

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

- Pasado de las 2 horas se debe realizar la prueba de presencia de almidón, se toma una muestra de la mezcla, si esta se torna de una tonalidad azul, entonces se deja un tiempo adicional de calentamiento a la mezcla, caso contrario si esta toma un color marrón es porque no exista presencia de almidón y se puede filtrar la mezcla.



Ilustración 6-3: Prueba de Iodo

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

- Hervir el líquido filtrado a 100 °C con el fin de eliminar el DMS (sulfuro de dimetilo), el cual, es el encargado de producir humos tóxicos incluyendo óxidos de azufre, además esto sirve para que se concentre y para esterilizarlo el mosto.



Ilustración 7-3: Esterilización

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

- Para la inoculación de la levadura, se recoge 100 ml del mosto, este debe tener un pH en el rango de 4 - 4,5 y una temperatura de 30°C, estas son las condiciones idóneas para agregar la levadura turbo Yeast (1 g/litro) y se deja reposar durante dos horas para inocular la muestra extraída.



Ilustración 8-3: Inoculación

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

- Enfriar el mosto a fermentar transvasando de un recipiente a otro, esto se debe hacer lo más rápido posible para evitar la contaminación del mosto y se deja reposar a una temperatura ambiente.



Ilustración 9-3: Enfriamiento

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

- Dejar fermentar el mosto a una temperatura ambiente. Al transcurso de los días se podrá observar la separación de la parte líquida y la parte sólida, se debe tomar los datos de ° Brix y pH diariamente, hasta obtener datos constantes.



Ilustración 10-3: Fermentación

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

- Luego de que el pH y grados Brix se mantenga constante, filtrar el mosto para quitar impurezas y olores obtenidas durante el proceso de la fermentación.



Ilustración 11-3: Filtración

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

- Se realiza la primera destilación, utilizando como alimentación el mosto feremntado, únicamente se recoge el cuerpo, es decir el etanol a una temperatura de 72°C , obteniendo etanol a 30°GL para llevarlo a la siguiente destilación.



Ilustración 12-3: Destilación

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

- Con el etanol recogido en la primera destilación se procede a la segunda, obteniendo así etanol a 50°GL y tercera destilación se obtuvo alcohol a 70°GL . Finalmente se estandariza el alcohol hasta llegar a una graduación alcohólica como mínimo de $37,5^{\circ}\text{GL}$ como lo indica la norma NTE INEN 369.



Ilustración 10-2: Estandarización

Realizado por: Quizhpe Guenny, 2023

3.3.2. Requisitos del vodka según la normativa NTE INEN 369

- El vodka debe presentar un aspecto transparente e incoloro.
- No se permite la adición de edulcorantes, colorantes ni saborizantes.
- El agua utilizada para alcanzar los niveles establecidos debe ser desionizada, apta para el consumo humano.
- El vodka debe cumplir los requisitos especificados en la siguiente tabla.

Tabla 9-3: Requisitos físicos y químicos para el vodka

REQUISITOS	UNIDAD	MIN	MAX	MÉTODO DE ENSAYO
Alcohol fracción volumétrica	%	37,5	-	NTE INEN 340
Furfural	mg/100 cm ³ (*)	-	0,0	NTE INEN 2014
Alcoholes Superiores	mg/100 cm ³ (*)	-	0,7	NTE INEN 2014
Metanol	mg/100 cm ³ (*)	-	1,5	NTE INEN 2014

Fuente: (INEN 369 2016, p. 2)

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

Los alcoholes superiores son: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamílico, amílico.

3.4. Procedimiento a nivel industrial

3.4.1. Variables de diseño del proceso

Las variables que intervienen en el proceso de la elaboración de vodka a partir de la mezcla de papa Gabriela y zanahoria blanca se detallan a continuación:

- **Temperatura de gelatinización del almidón:** la temperatura para gelatinizar el almidón no debe ser mayor a 70°C, esto permite que el almidón absorba el agua y lo retenga, dándole al almidón una consistencia de gel.
- **pH de la gelatinización del almidón:** se debe mantener un pH de 5 a 5,9; los valores de pH diferentes a los establecidos tienden a reducir la temperatura de gelatinización y acelerar la cocción.
- **Temperatura de la activación de la malta:** se requiere una temperatura de 70°C, la cual sirve para que se activen las enzimas presentes en la malta, si la temperatura es mayor a la establecida puede causar que el mosto sea poco fermentable.
- **pH de la activación de la malta:** se debe mantener un pH de 5 a 5,9; debido a que la enzima beta amilasa es favorecida en un pH de 5,4 a 5,5; mientras que en la alfa amilasa es idónea en un pH de 5,6 a 5,8; para la activación completa de las enzimas y puedan producir de varios tipos azúcares fermentables.
- **Temperatura de hidrolisis enzimática:** se debe mantener una temperatura no mayor a los 70°C, tener bajas temperaturas provoca una disminución de la actividad enzimática, en cambio si la temperatura es mayor a 70°C se desnaturaliza los enzimas y deja de ser funcional.
- **Temperatura de la inoculación:** la muestra de 100ml que se recoge del mosto a fermentar debe tener una temperatura de 30°C para que se inocule la levadura y en un tiempo de dos horas se coloca la muestra inoculada a todo el mosto a fermentar.
- **pH de la inoculación:** para la activación de la levadura se debe ajustar el mosto a fermentar en un pH de 4 a 4,5; el cual es el rango idóneo para que la levadura turbo yeast transforme los azúcares en alcohol y dióxido de carbono, mediante el proceso de fermentación.

➤ **Temperatura de destilación:** se debe mantener una temperatura de 72°C; de no ser así se obtendrán otras sustancias como metanol, cetonas, alcohol propílico, butílico, etc., los cuales no pueden usarse para la fabricación de bebidas alcohólicas.

3.4.2. Flujograma del proceso

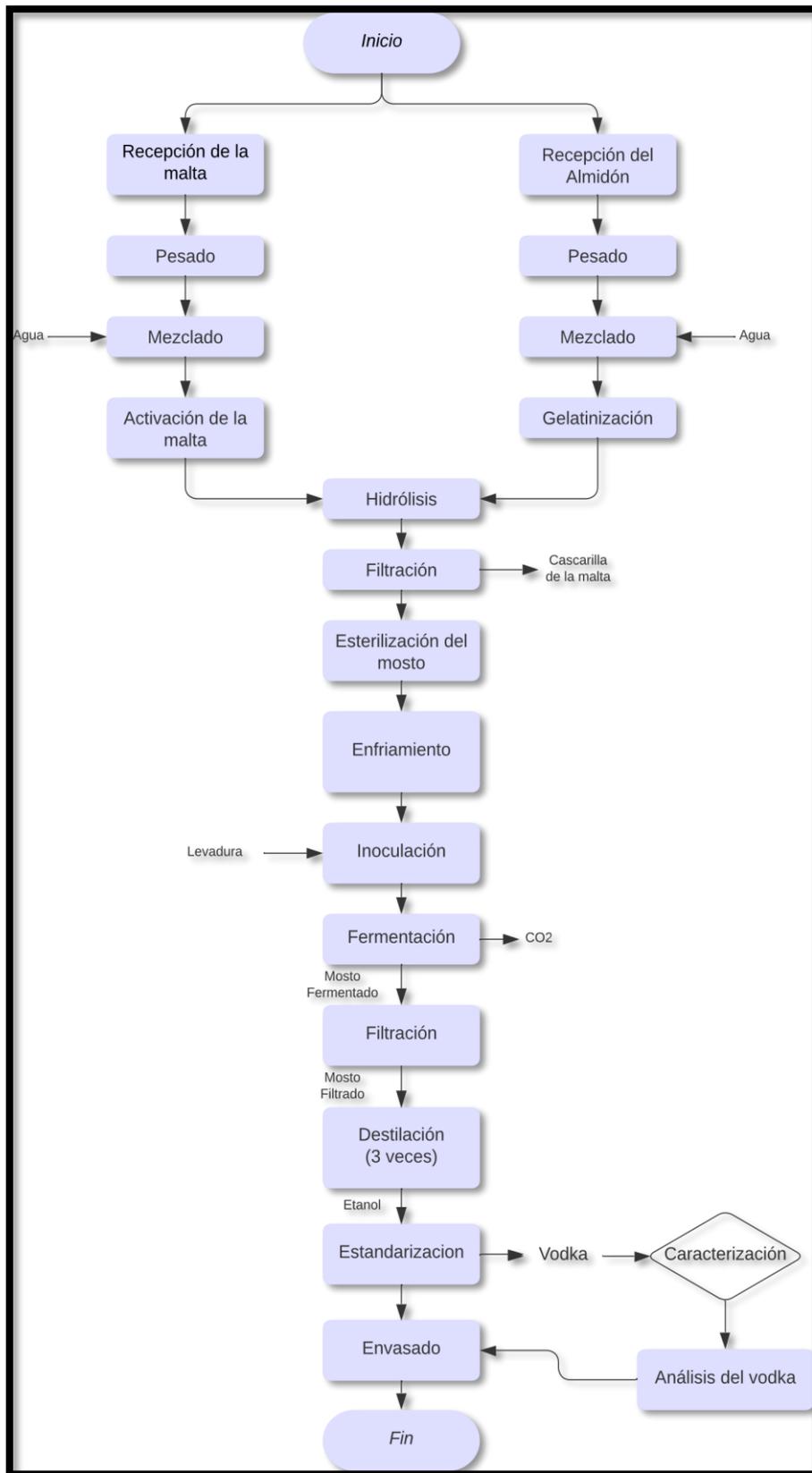


Ilustración 14-3: Diagrama de flujo del vodka

Fuente: (Montero, 2022, p.37)

3.4.3. Balance de masa

Mediante ensayos realizados para la obtención de vodka de la mezcla de papa Gabriela y zanahoria blanca se realizó los balances de masa, como lo indica la ley de conservación de materia, esto quiere decir que la materia no se crea ni se destruye, simplemente, se transforma.

Balance global de masa

$$A = E - S + G - C$$

Donde:

A = Acumulación

E = Entrada

S = Salida

G = Generación

C = Consumo

El proceso se lleva a cabo en estado estacionario, por lo tanto, la ecuación general de balance se masa se establece de la siguiente manera.

$$\cancel{A} = E - S + \cancel{G} - \cancel{C}$$
$$\sum E = \sum S$$

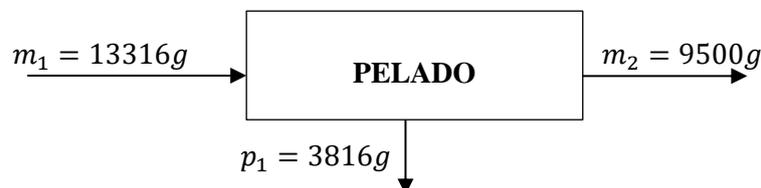
Donde:

$\sum E$ = Sumatorio de flujos de entrada

$\sum S$ = Sumatoria de flujos de salida

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE LA ZANAHORIA BLANCA

➤ Pelado



Donde:

m_1 = zanahoria blanca

m_2 = zanahoria blanca sin corteza

p_1 = corteza

$$\sum E = \sum S$$

$$m_1 = m_2 + p_1$$

$$13316g = 9500g + 3816g$$

$$13316g = 13316g$$

➤ **Reducción de tamaño**



Donde:

m_2 = zanahoria blanca entera

m_3 = zanahoria blanca en cubos

$$\sum E = \sum S$$

$$m_2 = m_3$$

$$9500g = 9500g$$

➤ **Triturado**



Donde:

m_3 = zanahoria blanca en cubos

m_4 = masa de agua para el triturado

m_5 = masa de la mezcla

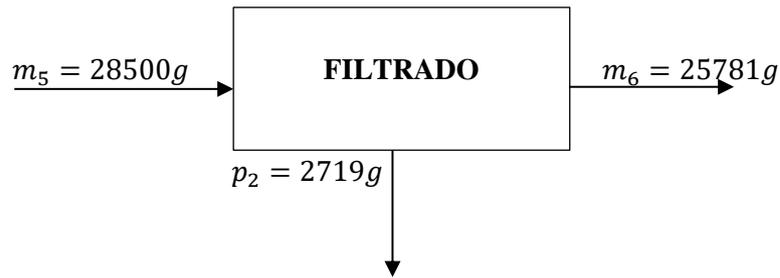
$$\sum E = \sum S$$

$$m_3 + m_4 = m_5$$

$$9500g + 19000g = 28500g$$

$$28500g = 28500g$$

➤ **Filtrado**



Donde:

m_5 = masa de la mezcla

m_6 = masa de la mezcla filtrada

p_2 = bagazo de la zanahoria blanca

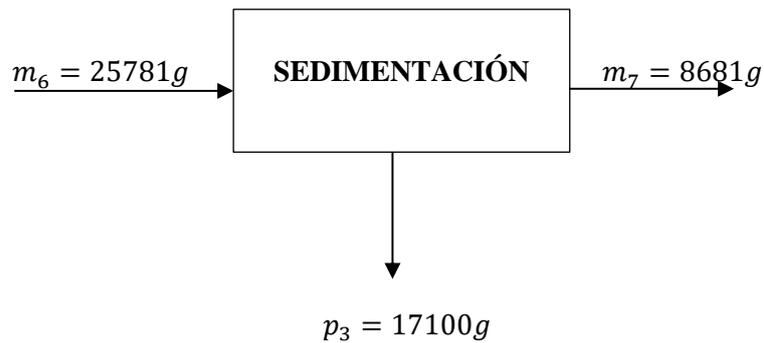
$$\sum E = \sum S$$

$$m_5 = m_6 + p_2$$

$$28500g = 25781g + 2719g$$

$$28500g = 28500g$$

➤ **Sedimentación**



Donde:

m_6 = masa de la mezcla filtrada

m_7 = masa del almidón de zanahoria blanca

p_3 = salida del sobrenadante

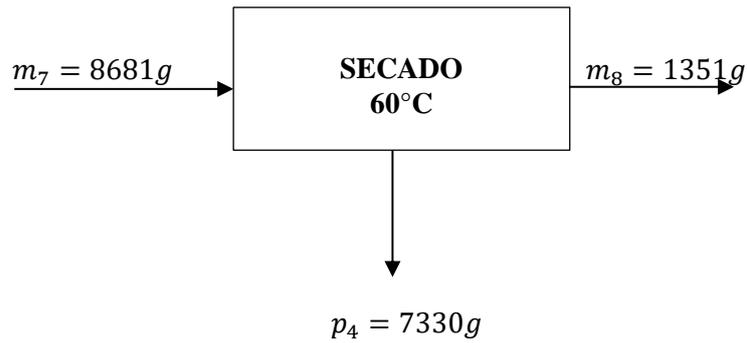
$$\sum E = \sum S$$

$$m_6 = m_7 + p_3$$

$$25781g = 8681g + 17100g$$

$$26781g = 25781g$$

➤ **Secado**



Donde:

m_7 = masa del sedimento

m_8 = masa del secado

p_3 = vapor

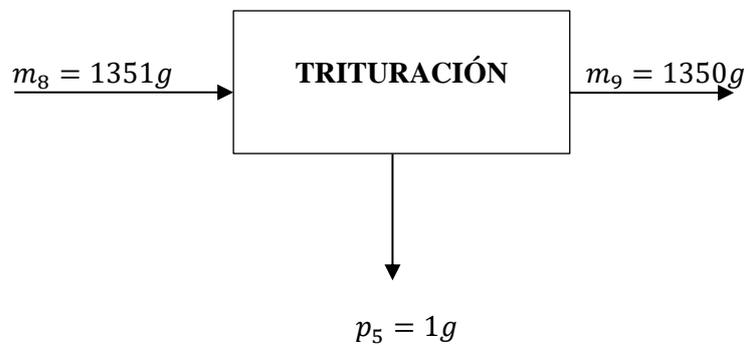
$$\sum E = \sum S$$

$$m_7 = m_8 + p_4$$

$$8681g = 1351g + 7330g$$

$$8681g = 8681g$$

➤ **Trituración**



Donde:

m_8 = masa del secado

m_9 = masa de la pulverización del almidón

p_5 = pérdida

$$\sum E = \sum S$$

$$m_8 = m_9 + p_4$$

$$1351g = 1350g + 1g$$

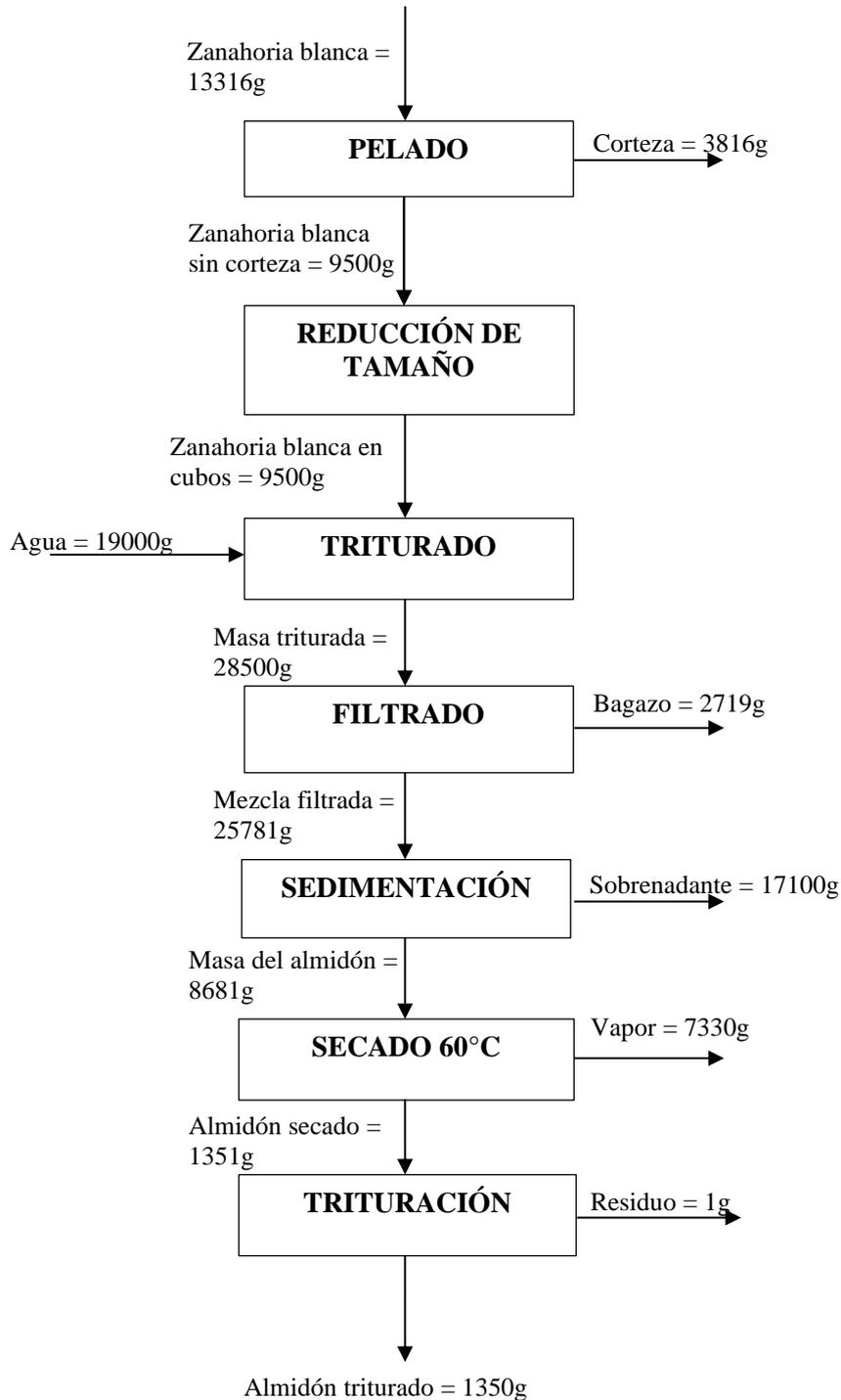
$$1351g = 1351g$$

$$\% \text{Rendimiento del Almidón de zanahoria blanca} = \frac{\text{almidón obtenido}}{\text{Zanahoria blanca pelada}} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento del Almidón de zanahoria blanca} = \frac{1350g}{9500g} * 100$$

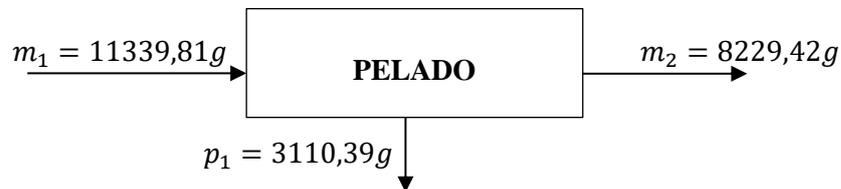
$$\% \text{Rendimiento del Almidón de zanahoria blanca} = 14,21\%$$

3.4.3.1. Balance de masa general de la extracción de almidón de la zanahoria blanca



EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA GABRIELA

➤ Pelado



Donde:

m_1 = papa Gabriela

m_2 = papa Gabriela sin corteza

p_1 = corteza de la papa

$$\sum E = \sum S$$

$$m_1 = m_2 + p_1$$

$$11339,81g = 8229,42g + 3110,39g$$

$$11339,81g = 11339,81g$$

➤ Reducción de tamaño



Donde:

m_2 = papa Gabriela entera

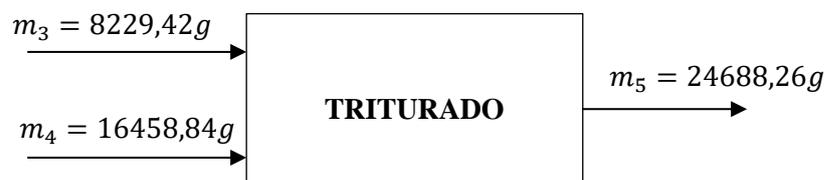
m_3 = papa Gabriela en cubos

$$\sum E = \sum S$$

$$m_2 = m_3$$

$$8229,42g = 8229,42g$$

➤ Triturado



Donde:

m_3 = papa Gabriela en cubos

m_4 = masa de agua para el triturado

m_5 = masa de la mezcla

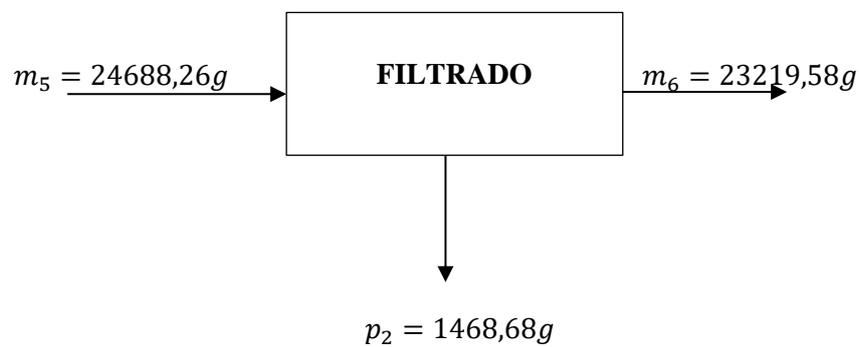
$$\sum E = \sum S$$

$$m_3 + m_4 = m_5$$

$$8229,42g + 16458,84g = 24688,26g$$

$$24688,26g = 24688,26g$$

➤ **Filtrado**



Donde:

m_5 = masa de la mezcla

m_6 = masa de la mezcla filtrada

p_2 = bagazo de la papa Gabriela

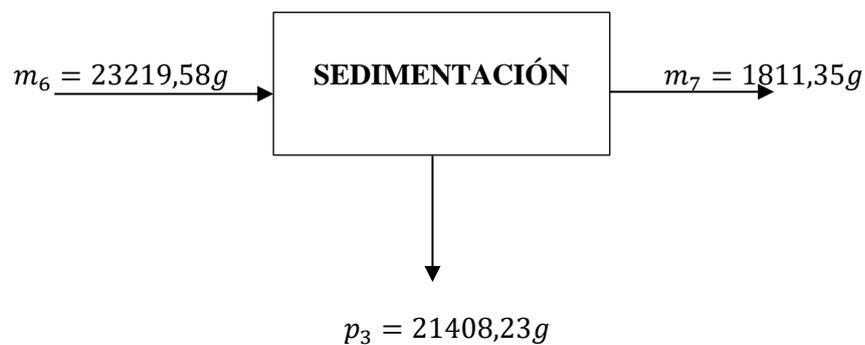
$$\sum E = \sum S$$

$$m_5 = m_6 + p_2$$

$$24688,26g = 23219,58g + 1468,68g$$

$$24688,26g = 24688,26g$$

➤ **Sedimentación**



Donde:

m_6 = masa de la mezcla filtrada

m_7 = masa del almidón de papa Gabriela

p_3 = salida del sobrenadante

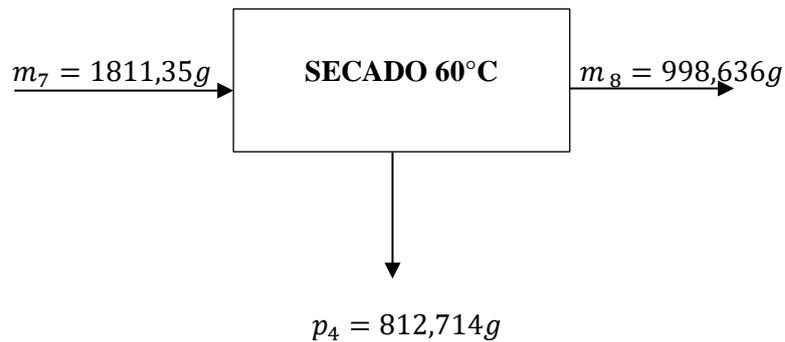
$$\sum E = \sum S$$

$$m_6 = m_7 + p_3$$

$$23219,58g = 1811,35g + 21408,23g$$

$$23219,58g = 23219,58g$$

➤ **Secado**



Donde:

m_7 = masa del almidón de papa Gabriela

m_8 = masa del almidón secado

p_4 = vapor

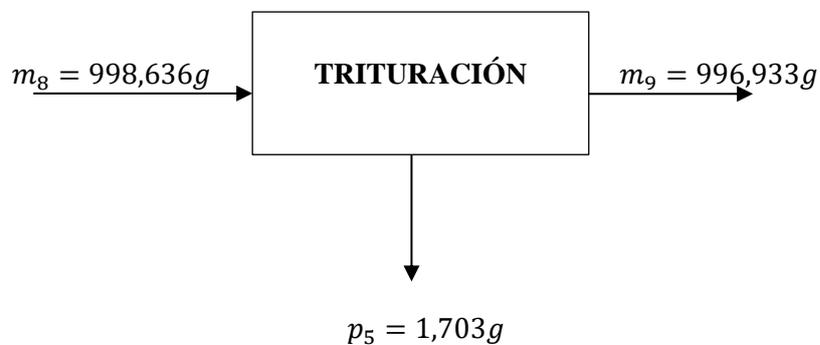
$$\sum E = \sum S$$

$$m_7 = m_8 + p_4$$

$$1811,35 = 998,636g + 812,714g$$

$$1811,35g = 1811,35g$$

➤ **TRITURACIÓN**



Donde:

m_8 = masa del almidón secado

m_9 = masa del almidón secado

p_5 = residuo de triturado

$$\sum E = \sum S$$

$$m_8 = m_9 + p_4$$

$$998,636g = 996,933g + 1,703g$$

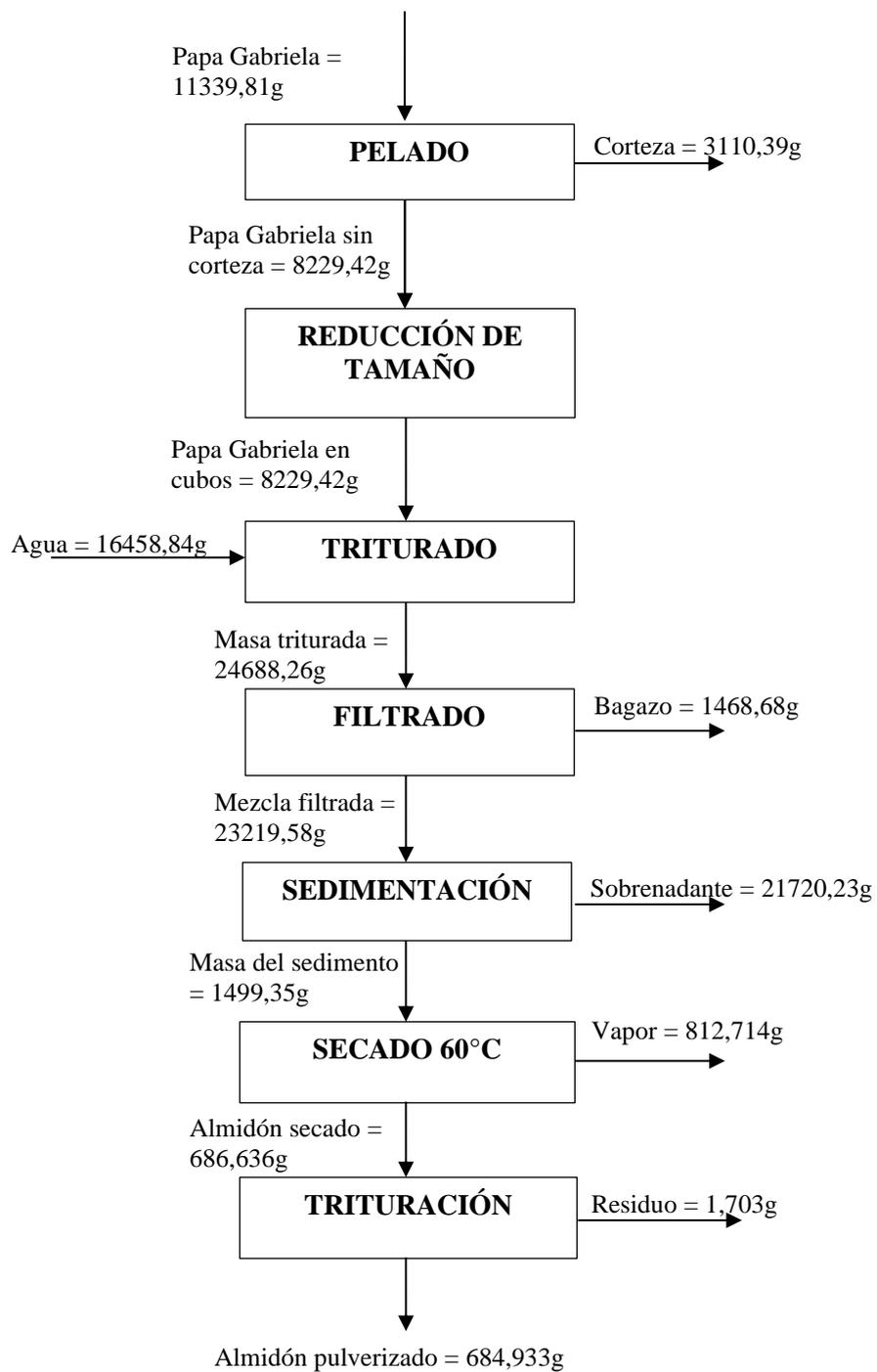
$$998,636g = 998,636g$$

$$\% \text{Rendimiento del Almidón de papa Gabriela} = \frac{\text{almidón obtenido}}{\text{papa Gabriela pelada}} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento del Almidón de papa Gabriela} = \frac{996,933g}{8229,42} * 100$$

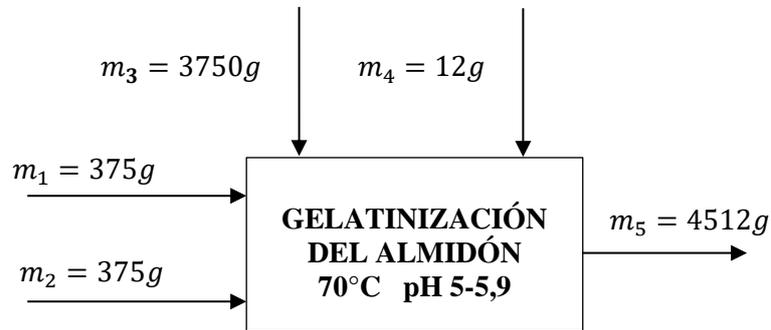
$$\% \text{Rendimiento del Almidón de papa Gabriela} = 12,11\%$$

3.4.3.2. Balance de masa general de la obtención de almidón de papa Gabriela



OBTENCIÓN DE VODKA

➤ Gelatinización del almidón



Donde:

m_1 = almidón de zanahoria blanca

m_2 = almidón de papa Gabriela

m_3 = agua para la gelatinización

m_4 = ácido cítrico

m_5 = mezcla de la gelatinización del almidón

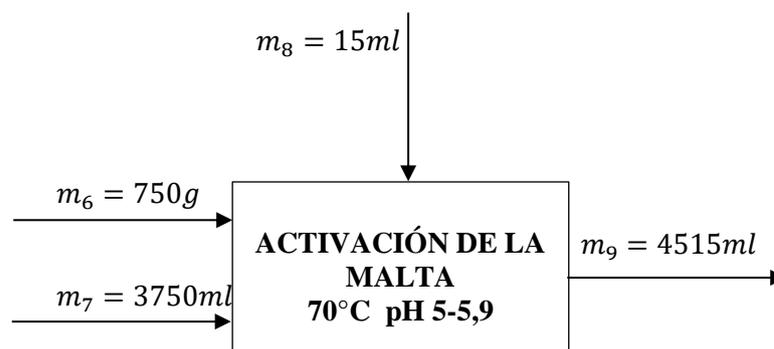
$$\sum E = \sum S$$

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 = m_5$$

$$375g + 375g + 3750ml + 12ml = 4512ml$$

$$4512ml = 4512ml$$

➤ Activación de la malta



Donde:

m_6 = malta molida

m_7 = agua para la activación de la malta

m_8 = ácido cítrico

m_9 = mezcla de la activación de la malta

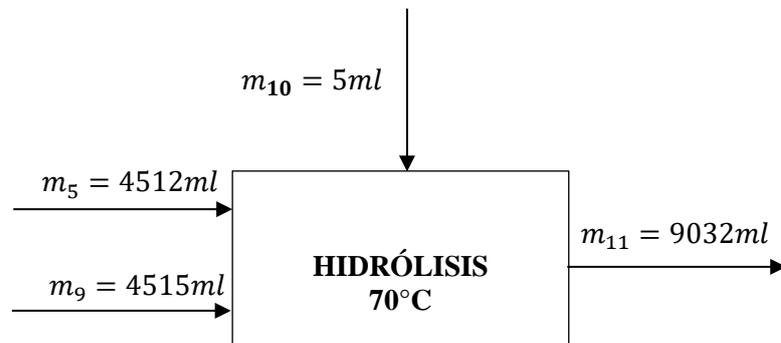
$$\sum E = \sum S$$

$$m_6 + m_7 + m_8 = m_9$$

$$750g + 3750ml + 15ml = 4500ml$$

$$4515ml = 4515ml$$

➤ **Hidrólisis**



Donde:

m_5 = mezcla de la gelatinización del almidón

m_9 = mezcla de la activación de la malta

m_{10} = ácido cítrico

m_{11} = mezcla de la hidrólisis

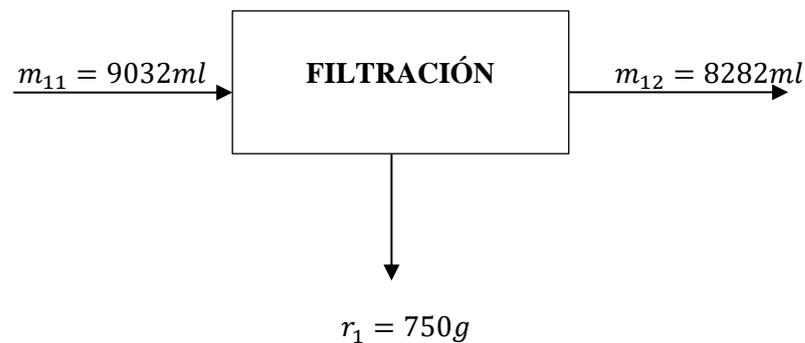
$$\sum E = \sum S$$

$$m_5 + m_9 + m_{10} = m_{11}$$

$$4512ml + 4515ml + 5ml = 9032ml$$

$$9032ml = 9032ml$$

➤ **Filtración**



Donde:

m_{11} = mezcla de la hidrólisis

m_{12} = mosto filtrado de la hidrólisis

r_1 = residuo de la malta

$$\sum E = \sum S$$

$$m_{11} = m_{12} + r_1$$

$$9032ml = 8282ml + 750g$$

➤ **Esterilización del mosto**



Donde:

m_{12} = masa filtrada de la hidrólisis

m_{13} = mosto esterilizado

r_2 = Agua evaporada

$$\sum E = \sum S$$

$$m_{12} = m_{13} + r_2$$

$$8282ml = 7769ml + 513ml$$

$$8282ml = 8282ml$$

➤ **Enfriamiento**



Donde:

m_{13} = mosto esterilizado

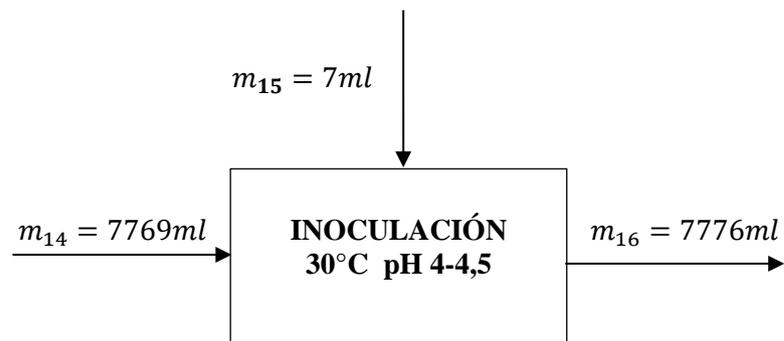
m_{14} = mosto oxigenado

$$\sum E = \sum S$$

$$m_{13} = m_{14}$$

$$7769 ml = 7769 ml$$

➤ **Inoculación**



Donde:

m_{14} = mosto oxigenado

m_{15} = levadura turbo yeast

m_{16} = mosto inoculado

$$\sum E = \sum S$$

$$m_{14} + m_{15} = m_{16}$$

$$7769 \text{ ml} + 7 \text{ ml} = 7776 \text{ ml}$$

$$7779 \text{ ml} = 7776 \text{ ml}$$

➤ **Fermentación**



Donde:

m_{16} = mosto inoculado

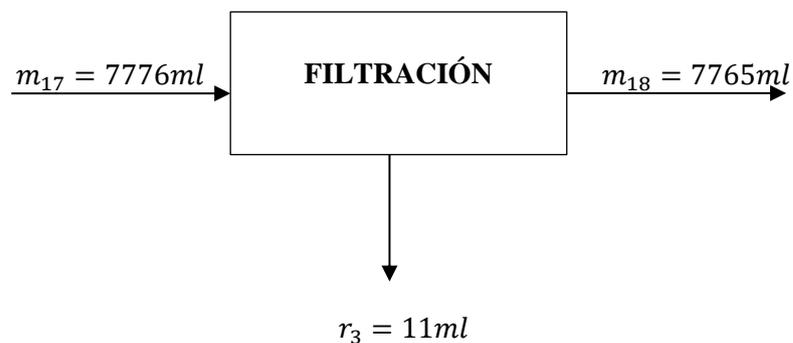
m_{17} = mosto fermentado

$$\sum E = \sum S$$

$$m_{16} = m_{17}$$

$$7776 \text{ ml} = 7776 \text{ ml}$$

➤ **Filtración**



Donde:

m_{17} = mosto fermentado

m_{18} = mosto filtrado

r_3 = residuo de la filtración

$$\sum E = \sum S$$

$$m_{17} = m_{18} + r_3$$

$$7776ml = 7765ml + 11ml$$

$$7776ml = 7776ml$$

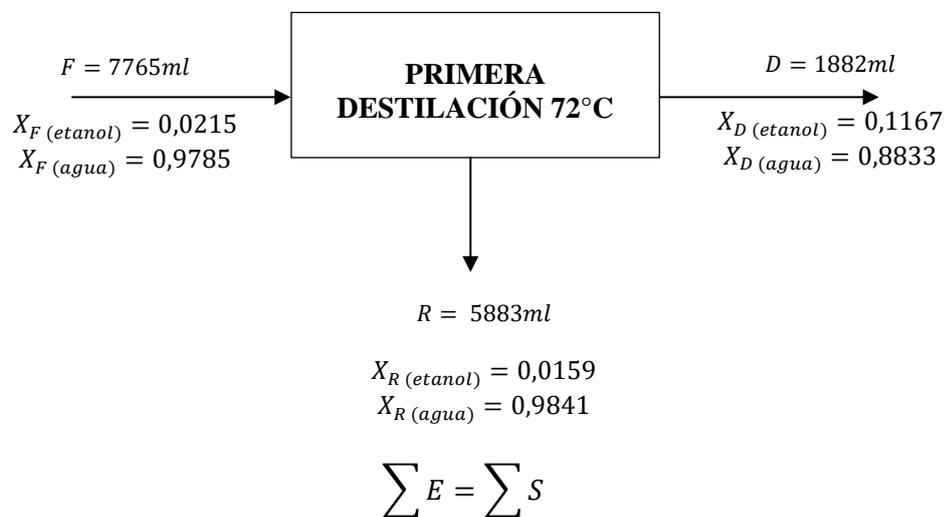
➤ Primera Destilación

Se toma en cuenta los °Brix iniciales y finales del mosto para considerar el % de alcohol sobre el volumen total del mosto. A continuación, se muestra el resultado arrojado por la calculadora:

The image shows a digital calculator interface with the following fields and values:

- Brix Inicial: 23
- Brix Final: 16
- Temperatura (C): 20
- Calcular % Alcohol (button)
- % Alcohol: 6.66

Ilustración 0-3: Porcentaje de alcohol del mosto



➤ Fracción molar de la alimentación

Los grados alcohólicos estimados en el mosto fermentado es de 6,66°GL (6,66ml/100ml).

$$m_{\text{eta a } 6,6^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,0666\text{ml } C_2H_5OH}{1\text{ml mezcla}} * \frac{0,789\text{g } C_2H_5OH}{1\text{ml } C_2H_5OH} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,0510 \frac{\text{g } C_2H_5OH}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{\text{agua a } 6,6^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,9334\text{ml } H_2O}{1\text{ml mezcla}} * \frac{1\text{g } H_2O}{1\text{ml } H_2O} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,9062 \frac{\text{g } H_2O}{\text{g mezcla}}$$

$$X_F = \frac{\frac{m_{\text{eta a } 6,6^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}}}{\frac{m_{\text{eta a } 6,6^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}} + \frac{m_{\text{agua a } 6,6^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{agua}}}}$$

$$X_F = \frac{\frac{0,0510}{46,07}}{\frac{0,0510}{46,07} + \frac{0,9062}{18,01}}$$

$$X_F = 0,0215$$

➤ Fracción molar del destilado

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

$$m_{\text{eta a } 30^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,3\text{ml } C_2H_5OH}{1\text{ml mezcla}} * \frac{0,789\text{g } C_2H_5OH}{1\text{ml } C_2H_5OH} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,2298 \frac{\text{g } C_2H_5OH}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{\text{agua a } 30^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,7\text{ml } H_2O}{1\text{ml mezcla}} * \frac{1\text{g } H_2O}{1\text{ml } H_2O} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,6796 \frac{\text{g } H_2O}{\text{g mezcla}}$$

$$X_D = \frac{\frac{m_{\text{eta a } 30^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}}}{\frac{m_{\text{eta a } 30^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}} + \frac{m_{\text{agua a } 30^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{agua}}}}$$

$$X_D = \frac{\frac{0,2298}{46,07}}{\frac{0,2298}{46,07} + \frac{0,6796}{18,01}}$$

$$X_D = 0,1167$$

➤ Fracción molar del fondo

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

$$m_{\text{etanol a } 5^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,05\text{ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1\text{ml mezcla}} * \frac{0,789\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1\text{ml C}_2\text{H}_5\text{OH}} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,0383 \frac{\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{\text{agua a } 5^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,95\text{ml H}_2\text{O}}{1\text{ml mezcla}} * \frac{1\text{g H}_2\text{O}}{1\text{ml H}_2\text{O}} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,9223 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{g mezcla}}$$

$$X_R = \frac{\frac{m_{\text{etanol a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}}}{\frac{m_{\text{etanol a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}} + \frac{m_{\text{agua a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{agua}}}}$$

$$X_R = \frac{\frac{0,0383}{46,07}}{\frac{0,0383}{46,07} + \frac{0,9223}{18,01}}$$

$$X_R = 0,0159$$

Balance de masa global:

$$F = D + R$$

$$7765\text{ml} = 1882\text{ml} + 5883\text{ml}$$

$$7765\text{ml} = 7765\text{ml}$$

Balance de masa parcial del etanol:

$$F \times X_{F(\text{etanol})} = D \times X_{D(\text{etanol})} + R \times X_{R(\text{etanol})}$$

$$7,765\text{l} \times 0,0215 = 1,882\text{l} \times 0,1167 + 5,883\text{l} \times 0,0159$$

$$0,1669 = 0,1 + 0,0935$$

$$0,1765 = 0,1935$$

Balance de masa parcial del agua:

$$F \times X_{F(\text{agua})} = D \times X_{D(\text{agua})} + R \times X_{W(\text{agua})}$$

$$7,765\text{l} \times 0,9785 = 1,882\text{l} \times 0,8833 + 5,883\text{l} \times 0,9841$$

$$7,598 = 1,6623 + 5,7894$$

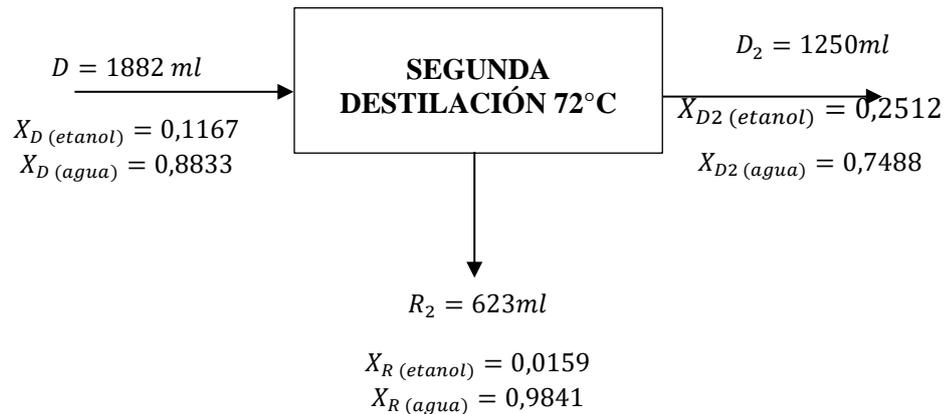
$$7,598 = 7,4517$$

$$\% \text{Rendimiento primera destilación} = \frac{\text{destilado obtenido}}{\text{mosto fermentado}} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento de la primera destilación} = \frac{1882}{7765} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento de la primera destilación} = 24,23$$

➤ **Segunda Destilación**



Donde:

D = destilado a 30°C

R_2 = segundo residuo

D_2 = destilado a 50°GL

$$\sum E = \sum S$$

➤ **Fracción molar del destilado**

El destilado obtenido de la primera destilación tuvo un grado alcohólico de 30°GL, tomando en consideración la experimentación realizada (30ml/100ml).

$$m_{eta a 30^\circ GL} = \frac{0,3ml C_2H_5OH}{1ml mezcla} * \frac{0,789g C_2H_5OH}{1ml C_2H_5OH} * \frac{1ml mezcla}{1,03g mezcla} = 0,2298 \frac{g C_2H_5OH}{g mezcla}$$

$$m_{agua a 30^\circ GL} = \frac{0,7ml H_2O}{1ml mezcla} * \frac{1g H_2O}{1ml H_2O} * \frac{1ml mezcla}{1,03g mezcla} = 0,6796 \frac{g H_2O}{g mezcla}$$

$$X_D = \frac{\frac{m_{eta a 30^\circ GL}}{PM_{etanol}}}{\frac{m_{eta a 30^\circ GL}}{PM_{etanol}} + \frac{m_{agua a 30^\circ GL}}{PM_{agua}}}$$

$$X_D = \frac{\frac{0,2298}{46,07}}{\frac{0,2298}{46,07} + \frac{0,6796}{18,01}}$$

$$X_D = 0,1167$$

➤ **Fracción molar del segundo destilado**

El destilado obtenido de la segunda destilación tuvo un grado alcohólico de 50°GL, tomando en consideración la experimentación realizada (50ml/100ml).

$$m_{\text{eta a } 50^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,5\text{ml } C_2H_5OH}{1\text{ml mezcla}} * \frac{0,789\text{g } C_2H_5OH}{1\text{ml } C_2H_5OH} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,3830 \frac{\text{g } C_2H_5OH}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{\text{agua a } 50^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,5\text{ml } H_2O}{1\text{ml mezcla}} * \frac{1\text{g } H_2O}{1\text{ml } H_2O} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,4854 \frac{\text{g } H_2O}{\text{g mezcla}}$$

$$X_{D2} = \frac{\frac{m_{\text{eta a } 50^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}}}{\frac{m_{\text{eta a } 30^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}} + \frac{m_{\text{agua a } 50^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{agua}}}}$$

$$X_{D2} = \frac{\frac{0,3830}{46,07}}{\frac{0,2830}{46,07} + \frac{0,4854}{18,01}}$$

$$X_{D2} = 0,2512$$

➤ Fracción molar del residuo de la segunda destilación

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

$$m_{\text{eta a } 5^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,05\text{ml } C_2H_5OH}{1\text{ml mezcla}} * \frac{0,789\text{g } C_2H_5OH}{1\text{ml } C_2H_5OH} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,0383 \frac{\text{g } C_2H_5OH}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{\text{agua a } 5^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,95\text{ml } H_2O}{1\text{ml mezcla}} * \frac{1\text{g } H_2O}{1\text{ml } H_2O} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,9223 \frac{\text{g } H_2O}{\text{g mezcla}}$$

$$X_{R2} = \frac{\frac{m_{\text{eta a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}}}{\frac{m_{\text{eta a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}} + \frac{m_{\text{agua a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{agua}}}}$$

$$X_{R2} = \frac{\frac{0,0383}{46,07}}{\frac{0,0383}{46,07} + \frac{0,9223}{18,01}}$$

$$X_{R2} = 0,0159$$

Balance de masa global:

$$D = D_2 + R$$

$$1882\text{ml} = 1250\text{ml} + 623\text{ml}$$

$$1882\text{ml} = 1882\text{ml}$$

Balance de masa parcial del etanol:

$$D \times X_{D(\text{etanol})} = D_2 \times X_{D2(\text{etanol})} + R_2 \times X_{R2(\text{etanol})}$$

$$1,882l \times 0,1167 = 1,250l \times 0,2512 + 0,623l \times 0,0159$$

$$0,2196 = 0,25 + 0,0009$$

$$0,2196 = 0,2509$$

Balance de masa parcial del agua:

$$D \times X_{D(\text{agua})} = D_2 \times X_{D2(\text{agua})} + R_2 \times X_{R2(\text{agua})}$$

$$1,882l \times 0,8833 = 1,250l \times 0,7488 + 0,623l \times 0,9841$$

$$1,6623 = 0,936 + 0,6130$$

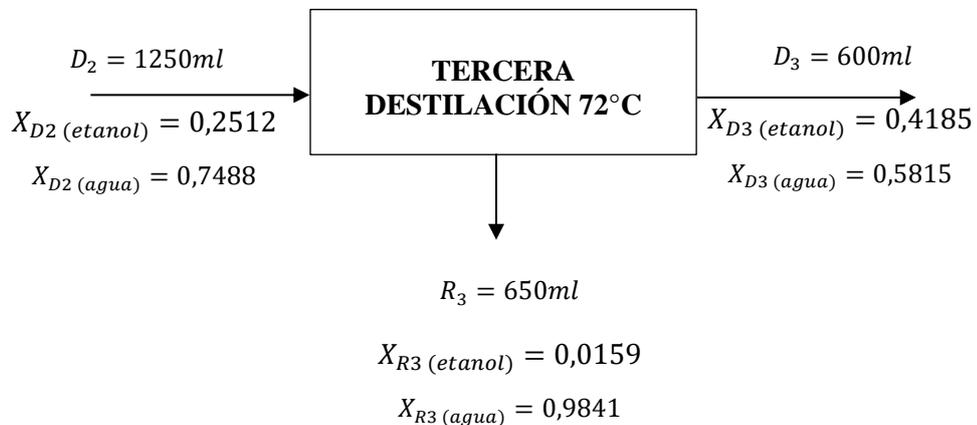
$$1,6623 = 1,549$$

$$\% \text{Rendimiento segunda destilación} = \frac{\text{destilado 2da destilación}}{\text{destilado 1ra destilación}} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento segunda destilación} = \frac{1250 \text{ ml}}{1882 \text{ ml}} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento segunda destilación} = 66,41\%$$

➤ **Tercera Destilación**



Donde:

D_2 = etanol a 50°GL

R_3 = residuo de la tercera destilación

D_3 = destilado al 70°GL

$$\sum E = \sum S$$

➤ **Fracción molar del segundo destilado**

El destilado obtenido de la segunda destilación tuvo un grado alcohólico de 50°GL, tomando en consideración la experimentación realizada (50ml/100ml).

$$m_{\text{eta a } 50^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,5\text{ml } C_2H_5OH}{1\text{ml mezcla}} * \frac{0,789\text{g } C_2H_5OH}{1\text{ml } C_2H_5OH} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,3830 \frac{\text{g } C_2H_5OH}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{\text{agua a } 50^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,5\text{ml } H_2O}{1\text{ml mezcla}} * \frac{1\text{g } H_2O}{1\text{ml } H_2O} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,4854 \frac{\text{g } H_2O}{\text{g mezcla}}$$

$$X_{D2} = \frac{\frac{m_{\text{eta a } 50^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}}}{\frac{m_{\text{eta a } 30^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}} + \frac{m_{\text{agua a } 50^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{agua}}}}$$

$$X_{D2} = \frac{\frac{0,3830}{46,07}}{\frac{0,2830}{46,07} + \frac{0,4854}{18,01}}$$

$$X_{D2} = 0,2512$$

➤ Fracción molar del destilado de la tercera destilación

El destilado recogido tenía un grado alcohólico de 70°GL, según la experimentación realizada (0,70ml/100ml).

$$m_{\text{eta a } 70^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,7\text{ml } C_2H_5OH}{1\text{ml mezcla}} * \frac{0,789\text{g } C_2H_5OH}{1\text{ml } C_2H_5OH} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,5362 \frac{\text{g } C_2H_5OH}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{\text{agua a } 70^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,3\text{ml } H_2O}{1\text{ml mezcla}} * \frac{1\text{g } H_2O}{1\text{ml } H_2O} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,2912 \frac{\text{g } H_2O}{\text{g mezcla}}$$

$$X_{D3} = \frac{\frac{m_{\text{eta a } 70^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}}}{\frac{m_{\text{eta a } 70^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}} + \frac{m_{\text{agua a } 70^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{agua}}}}$$

$$X_{D3} = \frac{\frac{0,5362}{46,07}}{\frac{0,5362}{46,07} + \frac{0,2912}{18,01}}$$

$$X_{D3} = 0,4185$$

➤ Fracción molar del residuo de la tercera destilación

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

$$m_{\text{eta a } 5^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,05\text{ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1\text{ml mezcla}} * \frac{0,789\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1\text{ml C}_2\text{H}_5\text{OH}} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,0383 \frac{\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{\text{agua a } 5^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,95\text{ml H}_2\text{O}}{1\text{ml mezcla}} * \frac{1\text{g H}_2\text{O}}{1\text{ml H}_2\text{O}} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,9223 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{g mezcla}}$$

$$X_{R3} = \frac{\frac{m_{\text{eta a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}}}{\frac{m_{\text{eta a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}} + \frac{m_{\text{agua a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{agua}}}}$$

$$X_{R3} = \frac{\frac{0,0383}{46,07}}{\frac{0,0383}{46,07} + \frac{0,9223}{18,01}}$$

$$X_{R3} = 0,0159$$

Balance de masa global:

$$D_2 = D_3 + R_3$$

$$1250\text{ml} = 600\text{ml} + 650\text{ml}$$

$$1250\text{ml} = 1250\text{ml}$$

Balance de masa parcial del etanol:

$$D_2 \times X_{D2(\text{etanol})} = D_3 \times X_{D3(\text{etanol})} + R \times X_{R3(\text{etanol})}$$

$$1,250\text{l} \times 0,2512 = 0,600\text{l} \times 0,4185 + 650\text{l} \times 0,0159$$

$$0,314 = 0,2511 + 0,0103$$

$$0,314 = 0,2577$$

Balance de masa parcial del agua:

$$D_2 \times X_{D2(\text{agua})} = D_3 \times X_{D3(\text{agua})} + R_3 \times X_{R3(\text{agua})}$$

$$1,250\text{l} \times 0,7488 = 0,600\text{l} \times 0,5815 + 0,650\text{l} \times 0,9841$$

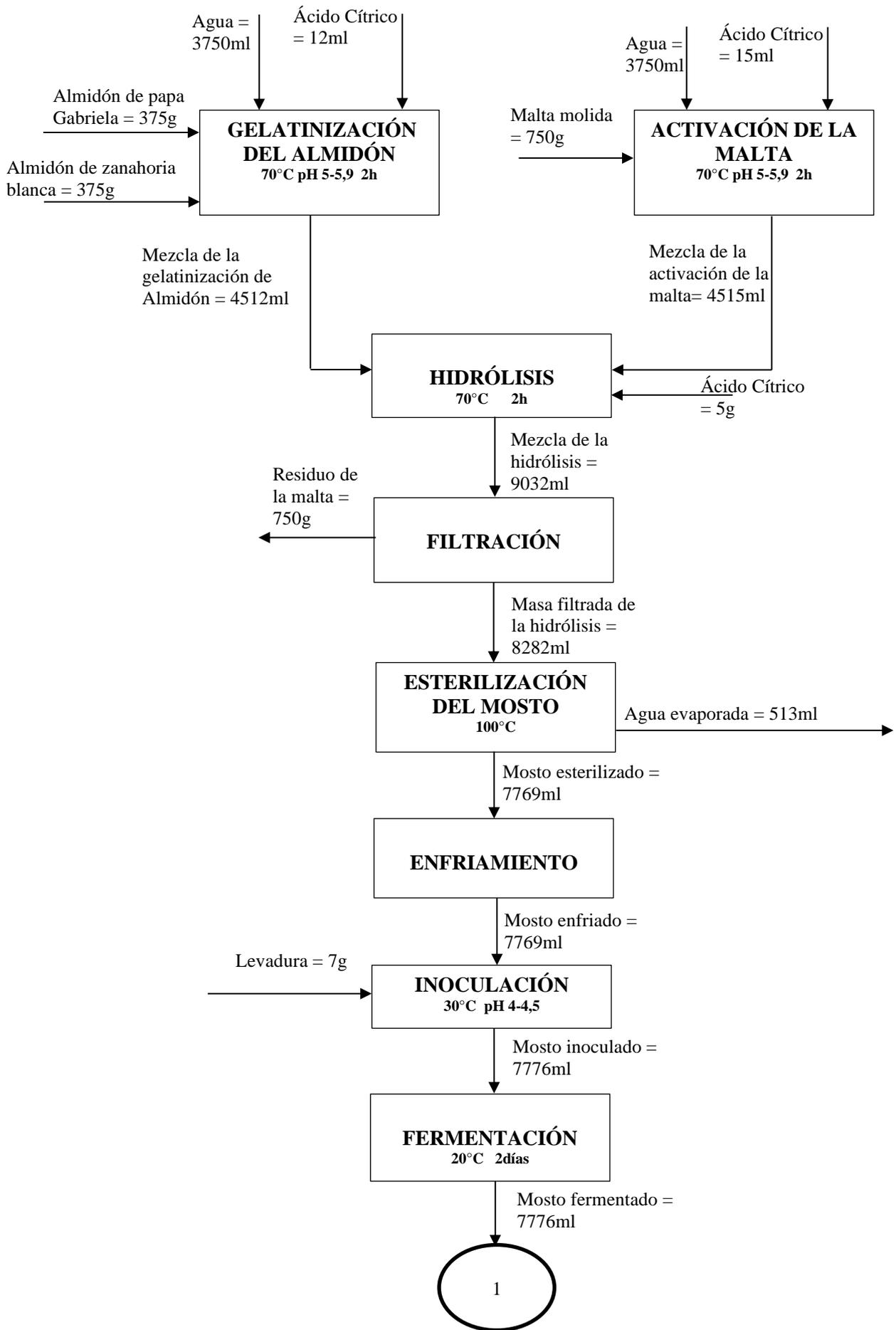
$$9,36 = 0,3489 + 0,6366$$

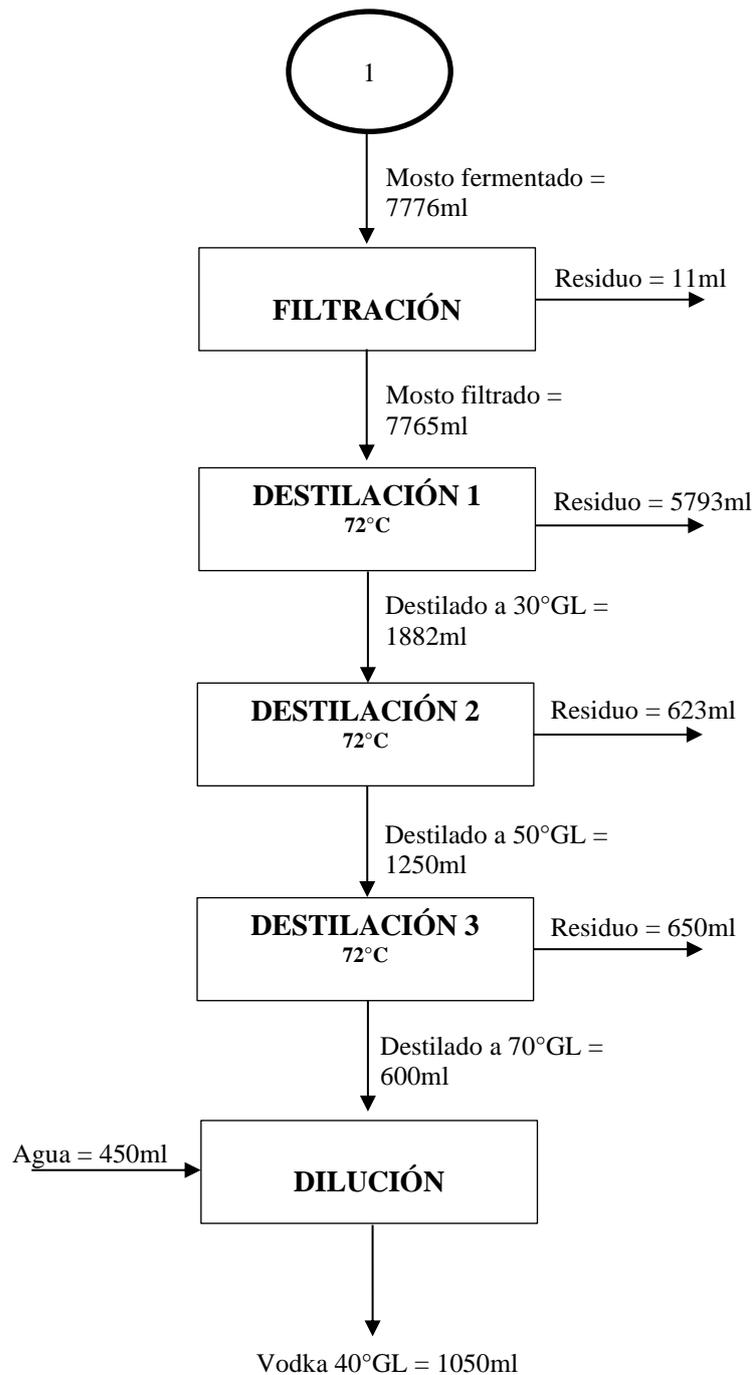
$$70,936 = 0,9885$$

$$\% \text{Rendimiento tercera destilación} = \frac{\text{destilado 3ra destilación}}{\text{destilado 2da destilación}} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento tercera destilación} = \frac{600 \text{ ml}}{1250 \text{ ml}} * 100$$
$$\% \text{Rendimiento tercera destilación} = 48\%$$

3.4.3.3. *Balance de masa general de la obtención de vodka*





3.4.4. Balance de energía

Se realizan balances de energía en el proceso de obtención de almidón, específicamente en la operación de secado. De igual manera en el proceso de obtención de vodka se realiza el balance de energía en la operación unitaria de destilación.

3.4.4.1. Balance de energía del secado del almidón de zanahoria blanca

Con el fin de eliminar la humedad una vez extraído el sobrenadante de la sedimentación del almidón para elaborar el vodka se utilizó un secador a 60°C, al iniciar la operación unitaria el almidón tenía una temperatura de 22°C hasta alcanzar la temperatura de 60°C establecida en el secador.

- Cálculo del balance de energía general del almidón de zanahoria blanca.

$$E_{cinética} + E_{potencial} + \Delta_H = Q + W$$

$$\Delta_H = Q$$

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

Dónde:

$E_{cinética}$ = energía cinética en J

$E_{potencial}$ = energía potencial en J

Δ_H = variación de la entalpía en J

Q = calor en J

W = trabajo en J

- Cálculo del calor sensible para la zanahoria blanca.

$$Q_{sensible} = h_{2agua} - h_{1agua}$$

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

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

Dónde:

$Q_{sensible}$ = calor sensible en kJ/kg

h_{1agua} = entalpía del agua a 20°C = 83,915 kJ/kg

h_{2agua} = entalpía del agua a 60°C = 251,18 kJ/kg

- Cálculo del calor suministrado para la zanahoria blanca.

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

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

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

Dónde:

$Q_s = \text{calor suministrado } kJ/kg$

$Q_{latente} = \text{calor latente} = 2257 \text{ kJ/kg}$

$Q_{sensible} = \text{calor sensible}$

➤ Cálculo de la capacidad calorífica del almidón de zanahoria blanca.

$$Q = m_{almidón} * C_p * \Delta T$$

$$C_{palmidón} = \frac{Q}{m_{almidón} * \Delta T}$$

$$C_{palmidón} = \frac{227,7184 \text{ kJ}}{1,350 \text{ Kg} * (60 - 20)^\circ C}$$

$$C_{palmidón} = 4,2170 \frac{kJ}{kg^\circ C}$$

Dónde:

$Q = \text{calor ganado del almidón en kJ}$

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

$C_p = \text{capacidad calorífica del almidón } \frac{kJ}{kg^\circ C}$

$\Delta T = \text{variación de temperatura en } ^\circ C$

➤ Cálculo del calor ganado por el almidón zanahoria blanca.

$$Q = m_{almidón} * C_p * \Delta T$$

$$Q = 1,350 \text{ kg} * 4,186 \frac{kJ}{kg^\circ C} * (60 - 20)^\circ C$$

$$Q = 226,044 \text{ kJ}$$

Dónde:

$Q = \text{calorganado del almidón en kJ}$

$m_{almidón} = \text{peso del almidón seco en kg}$

$$C_p = \text{capacidad calorífica del agua} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$\Delta T = \text{variación de temperatura en } ^\circ\text{C}$

- Cálculo de la entalpía del almidón de zanahoria blanca.

$$h_{\text{almidón}} = C_{p\text{almidón}} * \Delta T$$

$$h_{\text{almidón}} = 4,2170 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (60 - 20)^\circ\text{C}$$

$$h_{\text{almidón}} = 168,6802 \text{ kJ/kg}$$

Dónde:

$h_{\text{almidón}} = \text{entalpía del almidón kJ/kg}$

$C_{p\text{almidón}} = \text{capacidad calorífica del almidón kJ/kg}^\circ\text{C}$

$\Delta T = \text{variación de temperatura } ^\circ\text{C}$

- Cálculo del calor requerido para evaporar el agua en el secado para el almidón de zanahoria blanca.

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

$$Q_{\text{agua}} = 7,330 \text{ kg} * 2257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{agua}} = 16543,81 \text{ kJ}$$

Dónde:

$Q_{\text{agua}} = \text{calor necesario para evaporar el agua en kJ}$

$m_{\text{agua}} = \text{masa de agua perdida o evaporada en kg}$

$Q_{\text{latente}} = \text{calor latente en } \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

- Cálculo del calor total en el secado para el almidón de zanahoria blanca.

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

$$Q_{\text{total}} = 16543,81 \text{ kJ} + 226,044 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{total}} = 16769,854 \text{ kJ}$$

Dónde:

Q_{total} = calor total en el secado en kJ

Q_{agua} = calor necesario para evaporar el agua en kJ

Q = calor ganado por el almidón en kJ

3.4.4.2. Balance de energía del secado del almidón de papa Gabriela

- Cálculo del balance de energía general del almidón de papa Gabriela.

$$E_{cinética} + E_{potencial} + \Delta_H = Q + W$$

$$\Delta_H = Q$$

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

Dónde:

$E_{cinética}$ = energía cinética en J

$E_{potencial}$ = energía potencial en J

Δ_H = variación de la entalpía en J

Q = calor en J

W = trabajo en J

- Cálculo del calor sensible del almidón de papa Gabriela.

$$Q_{sensible} = h_{2agua} - h_{1agua}$$

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

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

Dónde:

$Q_{sensible}$ = calor sensible en kJ/kg

h_{1agua} = entalpía del agua a 20°C = 83,915 kJ/kg

h_{2agua} = entalpía del agua a 60°C = 251,18 kJ/kg

- Cálculo del calor suministrado para el almidón de papa Gabriela.

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

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

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

Dónde:

$Q_s = \text{calor suministrado } kJ/kg$

$Q_{latente} = \text{calor latente} = 2257 \text{ kJ/kg}$

$Q_{sensible} = \text{calor sensible}$

➤ Cálculo de la capacidad calorífica del almidón de papa Gabriela.

$$Q = m_{almidón} * C_p * \Delta T$$

$$C_{palmidón} = \frac{Q}{m_{almidón} * \Delta T}$$

$$C_{palmidón} = \frac{227,7183 \text{ kJ}}{0,684933 \text{ kg} * (60 - 20)^\circ C}$$

$$C_{palmidón} = 8,3115 \frac{kJ}{kg^\circ C}$$

Dónde:

$Q = \text{calor ganado del almidón en kJ}$

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

$C_p = \text{capacidad calorífica del almidón } \frac{kJ}{kg^\circ C}$

$\Delta T = \text{variación de temperatura en } ^\circ C$

➤ Cálculo del calor ganado por el almidón de papa Gabriela.

$$Q = m_{almidón} * C_p * \Delta T$$

$$Q = 0,684933 \text{ kg} * 8,3117 \frac{kJ}{kg^\circ C} * (60 - 20)^\circ C$$

$$Q = 227,7183 \text{ kJ}$$

Dónde:

$Q = \text{calor ganado de la papa Gabriela en kJ}$

$m_{almidón} = \text{peso del almidón seco en kg}$

$C_p = \text{capacidad calorífica del agua } \frac{kJ}{kg^\circ C}$

$\Delta T = \text{variación de temperatura en } ^\circ C$

- Cálculo de la entalpía del almidón de papa Gabriela.

$$h_{almidón} = C_{palmidón} * \Delta T$$

$$h_{almidón} = 8,3117 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * (60 - 20)^{\circ}C$$

$$h_{almidón} = 332,468 kJ/kg$$

Dónde:

$h_{almidón}$ = entalpía del almidón kJ/kg

$C_{palmidón}$ = capacidad calorífica del almidón kJ/kg°C

ΔT = variación de temperatura °C

- Cálculo del calor requerido para evaporar el agua en el secado del almidón de papa Gabriela.

$$Q_{agua} = m_{agua} * C_{latente}$$

$$Q_{agua} = 0,812714 kg * 2257 \frac{kJ}{kg}$$

$$Q_{agua} = 1834,2954 kJ$$

Dónde:

Q_{agua} = calor necesario para evaporar el agua en kJ

m_{agua} = masa de agua perdida o evaporada en kg

$C_{latente}$ = calor latente en $\frac{kJ}{kg}$

- Cálculo del calor total en el secado del almidón de papa Gabriela.

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

$$Q_{total} = 1834,2954 kJ + 226,044 kJ$$

$$Q_{total} = 2060,3394 kJ$$

Dónde:

Q_{total} = calor total en el secado en kJ

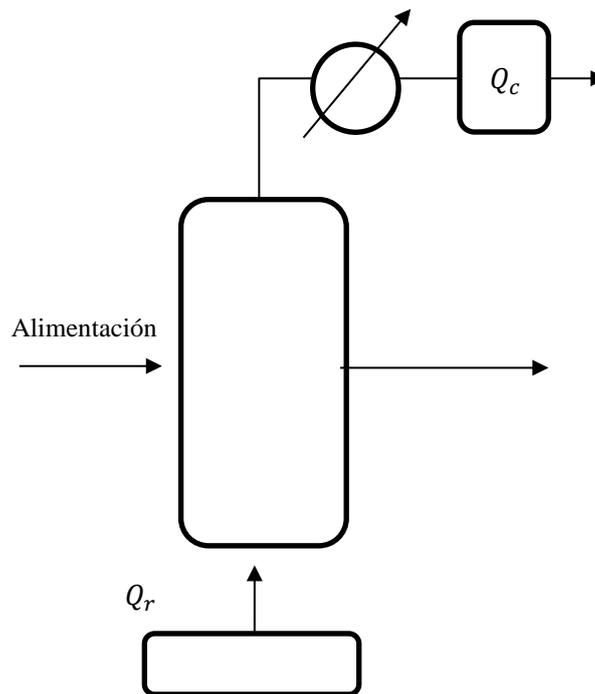
Q_{agua} = calor necesario para evaporar el agua en kJ

Q = calor ganado por el almidón en kJ

3.4.4.3. Balance de energía de la destilación

Se considera una presión atmosférica de 760mmHg (1 atm) y una temperatura ambiente de 20°C, con la finalidad de obtener datos tabulados, los cuales se describen a continuación. Además, el etanol recogido en esta operación unitaria paso por cambios de temperatura, al inicio se encontraba a una temperatura ambiente mezclado con agua, luego alcanzo su temperatura de vapor y al finalizar la destilación nuevamente el equipo se encontró a una temperatura ambiente.

Entonces tenemos:



- Flujo másico de la alimentación

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

$$\dot{m}_F = \frac{7,765L * 1,03 \frac{Kg}{L}}{8 h}$$

$$\dot{m} = 0,99 \frac{Kg}{h}$$

- Flujo másico del destilado

$$\dot{m}_D = \frac{V_D * \rho_D}{t}$$

$$\dot{m}_D = \frac{1,882 \text{ L} * 0,789 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}}{8 \text{ h}}$$

$$\dot{m} = 0,18 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

➤ Flujo másico del residuo

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

$$\dot{m}_D = \frac{5,883 \text{ L} * 1,03 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}}{8 \text{ h}}$$

$$\dot{m} = 0,75 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

➤ Cálculo del calor cedido del condensador

$$Q_C = \dot{m} * H_c$$

$$Q_C = \frac{7,765 \text{ L} * 1,03 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}}{8 \text{ h}} * 1950 \text{ KJ/Kg}$$

$$Q_C = 1949,50 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Donde

$H_c =$ entalpia del vapor saturado

➤ Balance global de energía

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

$$0,99 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 410 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} + Q_r = 0,18 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 310 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} + 0,75 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 410 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} + 1949,50 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$405,9 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} + Q_r = 55,8 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} + 307,5 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} + 1949,50 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$405,9 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} + Q_r = 2312,8 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q_r = 2312,8 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 405,9 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

$$Q_r = 1906,9 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Dónde:

$Q_c =$ calor cedido en el condensador

$Q_r =$ calor cedido de una estufa

3.4.5. Relación volumen del etanol obtenido por gramo de almidón

Para la obtención de almidón a nivel de laboratorio se empleó 375g de almidón de papa Gabriela y 375g de almidón de zanahoria blanca, dando un total de 750g, siguiendo el procedimiento establecido se realizaron tres destilaciones, en la cual el volumen de etanol obtenido de la última destilación fue 600ml a 70°GL.

$$\eta_{\text{etanol-almidón}} = \frac{V_{\text{etanol}}}{M_a}$$
$$\eta_{\text{etanol-almidón}} = \frac{600\text{ml de etanol}}{750\text{g de almidón}}$$
$$\eta_{\text{etanol-almidón}} = 0,8 \frac{\text{ml}}{\text{g}}$$

Dónde

$\eta_{\text{etanol-gramo}} =$ volumen de etanol por gramos de almidón

$V_{\text{etanol}} =$ volumen del etanol

$M_a =$ masa de almidon utilizada

3.4.6. Dilución de etanol para obtener vodka

En la primera destilación realizada se obtuvo etanol a 30°GL, en la segunda se obtuvo un producto a 50°GL y finalmente para la última destilación que se realizó se obtuvo 600 ml de etanol a 70°GL. Para obtener vodka con un grado alcohólico mínimo de 37,5°GL, como lo establece la norma NTE INEN 369, se necesita diluir el etanol de 70°GL con agua desionizada, para lo cual se emplea la siguiente ecuación.

$$C_i V_i = C_f V_f$$
$$(70^\circ\text{GL})(600\text{ml}) = (40^\circ\text{GL})V_f$$
$$V_f = \frac{(70^\circ\text{GL})(600\text{ml})}{(40^\circ\text{GL})}$$
$$V_f = \frac{(70^\circ\text{GL})(600\text{ml})}{(40^\circ\text{GL})}$$
$$V_f = 1050\text{ml}$$

Dónde:

$C_i =$ concentración del etanol de la 3ra destilación = 70°GL

$V_i = \text{volumen del etanol de la 3ra destilación} = 600\text{ml}$

$C_f = \text{concentración del vodka} = 40^\circ\text{GL}$

$V_f = \text{volumen del vodka obtenido}$

El volumen del vodka a 40°GL es de 1050ml, es decir que se debe añadir 450ml de agua desionizada a los 600ml de etanol al 70°GL.

$$\begin{aligned} 600\text{ml de etanol a } 70^\circ\text{GL} + \text{agua desionizada} &= 1050\text{ml de vodka} \\ \text{agua desionizada} &= 450\text{ml} \end{aligned}$$

3.4.7. Relación del volumen de vodka obtenido y los gramos del almidón

Esta relación tiene la finalidad de expresar la relación que existe entre el volumen de vodka obtenido y el almidón empleado.

$$\begin{aligned} \eta_{\text{vodka-almidón}} &= \frac{V_{\text{vodka}}}{M_a} \\ \eta_{\text{vodka-almidón}} &= \frac{1050\text{ml}}{750\text{g}} \\ \eta_{\text{vodka-almidón}} &= 1,4 \frac{\text{ml}}{\text{g}} \end{aligned}$$

Dónde:

$\eta_{\text{vodka-almidón}} = \text{relación del vodka y el almidón}$

$V_{\text{vodka}} = \text{volumen del vodka}$

$M_a = \text{masa de almidón utilizada}$

3.5. Dimensionamiento de los equipos

A continuación, se realizan los cálculos ingenieriles de los equipos que la empresa Primicia necesita para obtener vodka mediante una producción de 180 litros semanalmente, para lo cual se empleará acero inoxidable 304, cuyo diámetro de espesor es de 0,005m. A continuación, se detalla el volumen que ocuparán las mezclas malta-agua, almidón-agua e hidrolisis.

Tabla 10-3: Volumen a ocupar para las mezclas almidón-agua y malta-agua

	MEZCLA	MATERIA PRIMA	CANTIDAD	UNIDADES	TOTAL, DE LA MEZCLA
F O	Mezcla	Malta	18000	g	

Malta-Agua	Agua	90000	ml	90000ml
Mezcla Almidón-Agua	Almidón de zanahoria blanca	9000	g	
	Almidón de papa Gabriela	9000	g	
	Agua	90000	ml	90000ml
VOLUMEN TOTAL PARA LA HIDRÓLISIS				180000ml
VOLUMEN DE LA TERCERA DESTILACIÓN A 70°GL				105000ml
VODKA DE PAPA GABRIELA Y ZANAHORIA BLANCA				183750ml

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023

3.5.1. Tanque con agitador de paletas para la mezcla malta-agua

Para el diseño del reactor se necesita que tenga una capacidad volumétrica de 90000ml es decir 0,09m³

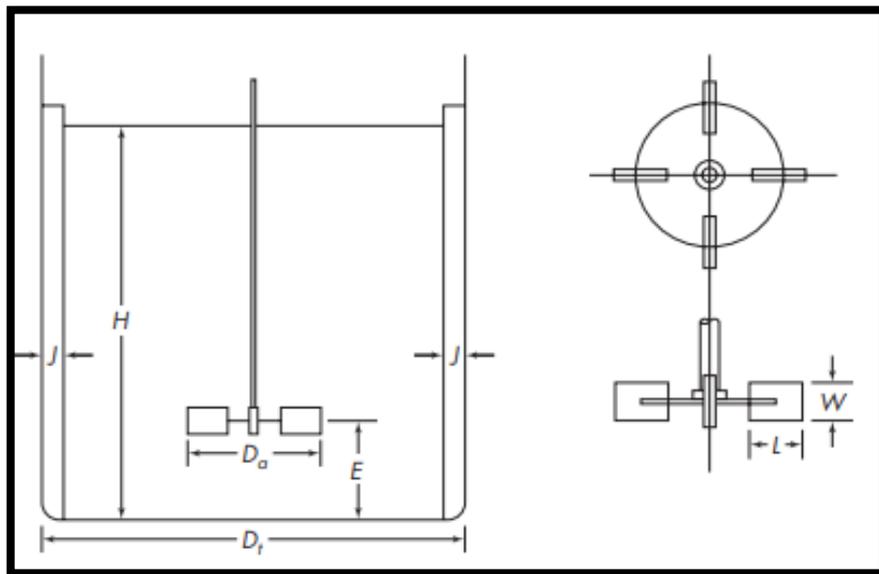


Ilustración 16-3: Reactor con agitador de paletas

Fuente: (McCabe, Smith y Harriott, 2017, p. 263)

➤ Volumen del total de tanque de la mezcla malta-agua

$$V_{Total} = V_{malta-agua} * f_s$$

$$V_{Total} = 0,09 \frac{m^3}{lote} * 1,15$$

$$V_{Total} = 0,1035 \frac{m^3}{lote}$$

Dónde:

$V_{malta-agua}$ = Volumen a ocupar de la malta con el agua

fs = factor de seguridad = 15%

V_{Total} = volumen total del tanque de la mezcla malta – agua

➤ Diámetro interno del tanque de la mezcla malta-agua

$$\begin{aligned} \Phi_{malta-agua} &= \sqrt[3]{\frac{3V_{total}}{4\pi}} * 2 \\ \Phi_{malta-agua} &= \sqrt[3]{\frac{3 * 0,1035m^3}{4\pi}} * 2 \\ \Phi_{malta-agua} &= 0,5825m \end{aligned}$$

Dónde:

V_{Total} = volumen total del tanque malta – agua

$\Phi_{malta-agua}$ = diametro del tanque de la mezcla malta – agua

➤ Altura del tanque de la mezcla malta-agua

$$\begin{aligned} h_{malta-agua} &= \frac{V_{total}}{\pi \left(\frac{\Phi_{malta-agua}}{2} \right)^2} \\ h_{malta-agua} &= \frac{0,1035 m^3}{\pi \left(\frac{0,5825m}{2} \right)^2} \\ h_{malta-agua} &= 0,3883m \end{aligned}$$

Dónde:

V_{total} = volumen total del tanque malta – agua

$\Phi_{malta-agua}$ = Diametro interno del tanque malta – agua

$h_{malta-agua}$ = volumen del tanque de la mezcla malta – agua

➤ Altura de llenado del tanque de la mezcla malta-agua

$$H_{\text{llenado } M-A} = \frac{V_{\text{agua malta}}}{\pi \left(\frac{\phi_{\text{agua-malta}}}{2} \right)^2}$$

$$H_{\text{llenado } M-A} = \frac{0,09 \frac{m^3}{\text{lote}}}{\pi \left(\frac{0,5825 \text{ m}}{2} \right)^2}$$

$$H_{\text{llenado } M-A} = 0,3377 \text{ m}$$

Dónde:

$V_{\text{malta-agua}}$ = Volumen a ocupar de la malta con el agua

$\phi_{\text{malta-agua}}$ = diámetro interno del tanque malta – agua

$H_{\text{llenado } M-A}$ = altura de llenado del tanque de la mezcla malta – agua

➤ Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de la mezcla malta-agua

$$h_{\text{chaqueta}} = \frac{h_{\text{malta-agua}}}{1 + fs}$$

$$h_{\text{chaqueta}} = \frac{0,3883 \text{ m}}{1 + 1,15}$$

$$h_{\text{chaqueta}} = 0,1806 \text{ m}$$

Donde:

h_{TI} = altura del tanque de la mezcla malta – agua

fs = factor de seguridad

h_{chaqueta} = altura de chaqueta de calentamiento para el tanque de la mezcla malta – agua

➤ Diámetro de la chaqueta de calentamiento para la mezcla malta – agua

$$\phi_{\text{chaqueta}} = \phi_{\text{malta-agua}} + 0,3 * \phi_{\text{malta-agua}}$$

$$\phi_{\text{chaqueta}} = 0,5825 \text{ m} + 0,3 * 0,5825 \text{ m}$$

$$\phi_{\text{chaqueta}} = 0,7572 \text{ m}$$

Dónde:

$\phi_{\text{malta-agua}}$ = Diámetro interno del tanque malta – agua

ϕ_{chaqueta} = diámetro de la chaqueta de calentamiento para la mezcla malta – agua

➤ Espesor de la chaqueta de calentamiento para la mezcla malta-agua

$$\text{Espesor} = \phi_{\text{chaqueta}} - \phi_{\text{malta-agua}}$$

$$\text{Espesor} = 0,7572 \text{ m} - 0,5825 \text{ m}$$

$$\text{Espesor} = 0,1747 \text{ m}$$

$\Phi_{malta-agua}$ = Diámetro interno del tanque malta – agua

$\Phi_{chaqueta}$ = diámetro de la chaqueta del tanque malta – agua

➤ Diámetro del impulsor

$$D_{impulsor\ M-A} = \frac{1}{3} * \Phi_{malta-agua}$$

$$D_{impulsor\ M-A} = \frac{1}{3} * 0,5825m$$

$$D_{impulsor\ M-A} = 0,1941m$$

Dónde:

$\Phi_{malta-agua}$ = diámetro interno del tanque malta – agua

$D_{impulsor\ M-A}$ = diámetro del impulsor malta – agua

➤ Distancia del agitador con respecto al fondo del tanque de la mezcla malta-agua

$$\frac{h_{malta-agua}}{4} = \frac{0,3883m}{4} = 0,0970m$$

Dónde:

$h_{malta-agua}$ = altura del tanque de mezcla malta – agua

➤ Ancho de las paletas en el turbo agitador

$$A_{MA} = \frac{1}{5} * D_{impulsor\ M-A}$$

$$A_{MA} = \frac{1}{5} * 0,1941$$

$$A_{MA} = 0,0388m$$

Dónde:

$D_{impulsor\ M-A}$ = diámetro del impulsor malta – agua

A_{MA} = ancho de las paletas en el turbo agitador

➤ Longitud de las paletas del agitador de turbina

$$L_{MA} = \frac{1}{4} * D_{impulsor\ M-A}$$

$$L_{MA} = \frac{1}{4} * 0,1941m$$

$$L_{MA} = 0,0485m$$

Dónde:

L_{MA} = longitud de las paletas del agitador de la turbina

$D_{impulsor\ M-A}$ = diametro del impulsor malta – agua

➤ Distancia entre paletas

$$D_{entre\ paletas} = \frac{2}{3} * \Phi_{malta-agua}$$

$$D_{entre\ paletas} = \frac{2}{3} * 0,5825m$$

$$D_{entre\ paletas} = 0,383m$$

Dónde:

$\Phi_{malta-agua}$ = diametro interno del tanque de mezcla de malta – agua

$D_{entre\ paletas}$ = distancia entre paletas

3.5.2. Tanque con agitador de marco y ancla para la mezcla de almidón-agua

➤ Volumen total del tanque de la mezcla almidón-agua

$$V_{Total} = V_{almidón-agua} * fs$$

$$V_{Total} = 0,09m^3 * 1,15$$

$$V_{total} = 0,1035m^3$$

Dónde:

$V_{almidón-agua}$ = volumen que ocupa el almidón – agua

fs = factor de seguridad 15%

V_{Total} = volumen total

➤ Diámetro interno del tanque de la mezcla almidón-agua

$$\Phi_{almidón-agua} = \sqrt[3]{\frac{3V_{total}}{4\pi}} * 2$$

$$\Phi_{almidón-agua} = \sqrt[3]{\frac{3 * 0,1035m^3}{4\pi}} * 2$$

$$\Phi_{almidón-agua} = 0,5825m$$

Dónde:

V_{Total} = volumen total del tanque almidón – agua

$\Phi_{almidón-agua}$ = diámetro interno del tanque de la mezcla almidón – agua

➤ Altura del tanque de la mezcla almidón-agua

$$h_{almidón-agua} = \frac{V_{total}}{\pi \left(\frac{\Phi_{almidón-agua}}{2} \right)^2}$$

$$h_{almidón-agua} = \frac{0,1035 \text{ m}^3}{\pi \left(\frac{0,5835 \text{ m}}{2} \right)^2}$$

$$h_{almidón-agua} = 0,3870 \text{ m}$$

Dónde:

V_{total} = volumen total del tanque almidón – agua

$\Phi_{malta-agua}$ = Diámetro interno del tanque de mezcla almidón – agua

$h_{almidón-agua}$ = altura del tanque de la mezcla almidón – agua

➤ Altura de llenado del tanque de la mezcla almidón-agua

$$H_{llenado A-A} = \frac{V_{almidón-agua}}{\pi \left(\frac{\Phi_{almidón-agua}}{2} \right)^2}$$

$$H_{llenado M-A} = \frac{0,09 \frac{\text{m}^3}{\text{lote}}}{\pi \left(\frac{0,5825 \text{ m}}{2} \right)^2}$$

$$H_{llenado M-A} = 0,3377 \text{ m}$$

Dónde:

$V_{almidón-agua}$ = Volumen a ocupar el almidón con el agua

$\Phi_{almidón-agua}$ = diámetro interno del tanque almidón – agua

$H_{llenado M-A}$ = altura de llenado del tanque de la mezcla almidón – agua

➤ Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de la mezcla almidón-agua

$$h_{chaqueta} = \frac{h_{almidón-agua}}{1 + fs}$$

$$h_{chaqueta} = \frac{0,3870 \text{ m}}{1 + 1,15}$$

$$h_{chaqueta} = 0,18 \text{ m}$$

Donde:

$h_{almidón-agua}$ = altura del tanque de la mazcla almidón – agua

$f_s =$ factor de seguridad 15%

$h_{chaqueta} =$ altura de la chaqueta para el tanque de la mezcla almidón – agua

➤ Diámetro de la chaqueta de calentamiento para la mezcla almidón-agua

$$\begin{aligned}\Phi_{chaqueta} &= \Phi_{almidón-agua} + 0,3 * \Phi_{almidón-agua} \\ \Phi_{chaqueta} &= 0,5825m + 0,3 * 0,5825m \\ \Phi_{chaqueta} &= 0,7572m\end{aligned}$$

Dónde:

$\Phi_{almidón-agua} =$ diámetro interno del tanque almidón – agua

$\Phi_{chaqueta} =$ diámetro de la chaqueta del tanque almidón – agua

➤ Espesor de la chaqueta del calentamiento para la mezcla almidón-agua

$$\begin{aligned}\text{Espesor} &= \Phi_{chaqueta} - \Phi_{almidón-agua} \\ \text{Espesor} &= 0,7572m - 0,5825m \\ \text{Espesor} &= 0,1747m\end{aligned}$$

Dónde:

$\Phi_{malta-agua} =$ Diametro interno del tanque almidón – agua

$\Phi_{chaqueta} =$ diametro de la chaqueta del tanque malta – agua

➤ Longitud del brazo del sistema de agitación

$$\begin{aligned}L_B &= \frac{5}{8} * \Phi_{almidón-agua} \\ L_B &= \frac{5}{8} * 0,5825m \\ L_B &= 0,3640m\end{aligned}$$

Dónde:

$\Phi_{almidón-agua} =$ diametro interno del tanque de mezcla almidón – agua

$L_B =$ longitud del brazo del sistema de agitación

➤ Espesor del agitador

$$E_r = \frac{1}{9} * L_B$$

$$E_r = \frac{1}{9} * 0,3640m$$

$$E_r = 0,0404m$$

Dónde:

$L_B = longitud\ del\ brazo$

$E_r = espesor\ del\ agitador$

➤ Diámetro del rodete

El rodete es un rotor localizado dentro de la turbina, se utiliza el término “rodete” para hacer referencia a un elemento móvil.

$$\phi_r = \frac{3}{4} * \phi_{almidón-agua}$$

$$\phi_r = \frac{3}{4} * 0,5825$$

$$\phi_r = 0,4368m$$

Dónde:

$\phi_{almidón-agua} = diametro\ interno\ del\ tanque\ de\ mezcla\ almidón - agua$

$\phi_r = diámetro\ del\ rodete$

➤ Distancia entre el fondo del tanque y el rodete

$$X = h_{almidón-agua} - L_B$$

$$X = 0,43m - 0,39m$$

$$X = 0,04m$$

Dónde:

$h_{almidón-agua} = altura\ del\ tanque\ de\ mezcla\ almidón - agua$

$L_B = longitud\ del\ brazo\ del\ sistema\ de\ agitación$

➤ Altura de la paleta

Para saber el alto de la paleta se emplea la siguiente ecuación:

$$A_p = \frac{1}{5} * L_B$$

$$A_p = \frac{1}{5} * 0,3640m$$

$$A_p = 0,0728m$$

Dónde:

$L_B =$ longitud del brazo del sistema de agitación

$A_p =$ altura de la paleta

➤ Distancia entre rejillas

$$X_p = \frac{L_B}{4}$$

$$X_p = \frac{0,3640}{4}$$

$$X_p = 0,091$$

Dónde:

$L_B =$ longitud del brazo del sistema de agitación

$X_p =$ distancia entre las rejillas

3.5.3. Tanque con agitador de marco y ancla para la hidrólisis

Para el diseño del reactor que se empleará para la hidrólisis se necesita que una capacidad volumétrica de 180000ml es decir $0,18m^3$ para que cumpla la función de incorporar la mezcla almidón-agua y malta-agua.

➤ Volumen total del tanque de la mezcla de la hidrólisis

$$V_{Total} = V_H * fs$$

$$V_{Total} = 0,18m^3 * 1,15$$

$$V_{total} = 0,207m^3$$

Dónde:

$V_H =$ volumen para la hidrólisis

$fs =$ factor de seguridad 15%

$V_{Total} =$ volumen total del tanque de la mezcla para la hidrólisis

➤ Diámetro interno del tanque para la hidrólisis

$$\Phi_{hidrólisis} = \sqrt[3]{\frac{3V_{total}}{4\pi}} * 2$$

$$\Phi_{hidrólisis} = \sqrt[3]{\frac{3 * 0,207m^3}{4\pi}} * 2$$

$$\Phi_{hidrólisis} = 0,7339m$$

Dónde:

V_{Total} = volumen total del tanque para la hidrólisis

$\Phi_{hidrólisis}$ = diámetro del tanque para la hidrólisis

➤ Altura del tanque para la hidrólisis

$$h_{hidrólisis} = \frac{V_{total}}{\pi \left(\frac{\Phi_{hidrólisis}}{2}\right)^2}$$

$$h_{hidrólisis} = \frac{0,207m^3}{\pi \left(\frac{0,7339m}{2}\right)^2}$$

$$h_{hidrólisis} = 0,4893m$$

Dónde:

V_{total} = volumen total del tanque para la hidrólisis

$\Phi_{hidrólisis}$ = Diámetro interno del tanque para la hidrólisis

➤ Altura de llenado del tanque para la hidrólisis

$$H_{llenado H} = \frac{V_H}{\pi \left(\frac{\Phi_{hidrólisis}}{2}\right)^2}$$

$$H_{llenado H} = \frac{0,18 \frac{m^3}{lote}}{\pi \left(\frac{0,7339 m}{2}\right)^2}$$

$$H_{llenado H} = 0,4255 m$$

Dónde:

$V_{almidón-agua}$ = Volumen a ocupar el almidón con el agua

$\Phi_{almidón-agua}$ = diámetro interno del tanque almidón – agua

$H_{llenado H}$ = altura de llenado del tanaue para la hidrólisis

➤ Altura de la chaqueta para el calentamiento del tanque para hidrólisis

$$h_{chaqueta} = \frac{h_{hidrólisis}}{1 + f_s}$$

$$h_{chaqueta} = \frac{0,4893m}{1 + 1,15}$$

$$h_{chaqueta} = 0,2275m$$

Donde:

$h_{hidrólisis}$ = altura del tanque para la hidrólisis

fs = factor de seguridad 15%

$h_{chaqueta}$ = altura de la chaqueta del tanque para la hidrólisis

➤ Diámetro de la chaqueta de calentamiento para la hidrólisis

$$\Phi_{chaqueta} = \Phi_{hidrólisis} + 0,3 * \Phi_{hidrólisis}$$

$$\Phi_{chaqueta} = 0,7339m + 0,3 * 0,7339m$$

$$\Phi_{chaqueta} = 0,9540m$$

Dónde:

$\Phi_{malta-agua}$ = Diametro interno del tanque para la hidrólisis

$\Phi_{chaqueta}$ = diámetro de la chaqueta del tanque para la hidrólisis

➤ Espesor de la chaqueta de calentamiento para la hidrólisis

$$Espesor = \Phi_{chaqueta} - \Phi_{hidrólisis}$$

$$Espesor = 0,9540m - 0,7339m$$

$$Espesor = 0,2201m$$

Dónde:

$\Phi_{malta-agua}$ = diametro interno del tanque para la hidrólisis

$\Phi_{chaqueta}$ = diametro de la chaqueta del tanque para la hidrólisis

➤ Longitud del brazo del sistema de agitación para la hidrólisis

$$L_B = \frac{5}{8} * \Phi_{hidrólisis}$$

$$L_B = \frac{5}{8} * 0,7339m$$

$$L_B = 0,4586m$$

Dónde:

$\Phi_{almidón-agua}$ = diametro interno del tanque de mezcla almidón – agua

L_B = longitud del brazo del sistema de agitación para la hidrólisis

- Espesor del agitador de la hidrólisis

$$E_r = \frac{1}{9} * L_B$$

$$E_r = \frac{1}{9} * 0,4586$$

$$E_r = 0,0509$$

Dónde:

L_B = longitud del brazo

E_r = espesor del agitador para la hidrólisis

- Diámetro del rodete

El rodete es un rotor localizado dentro de la turbina, se utiliza el término “rodete” para hacer referencia a un elemento móvil.

$$\phi_r = \frac{3}{4} * \phi_{hidrólisis}$$

$$\phi_r = \frac{3}{4} * 0,7339$$

$$\phi_r = 0,5504m$$

Dónde:

$\phi_{hidrólisis}$ = diámetro interno del tanque para la hidrólisis

ϕ_r = diámetro del rodete para la hidrólisis

- Distancia entre el fondo del tanque de la hidrólisis y el rodete

$$X = h_{hidrólisis} - L_B$$

$$X = 0,4893m - 0,4586m$$

$$X = 0,0307m$$

Dónde:

$h_{hidrólisis}$ = altura del tanque para la hidrólisis

L_B = longitud del brazo del sistema de agitación

X = distancia entre el fondo del tanque de la hidrólisis y el rodete

- Altura de la paleta

Para saber el alto de la paleta se emplea la siguiente ecuación:

$$A_p = \frac{1}{5} * L_B$$
$$A_p = \frac{1}{5} * 0,4586m$$
$$A_p = 0,0917m$$

Dónde:

L_B = longitud del brazo del sistema de agitación

➤ Distancia entre rejillas

$$X_p = \frac{L_B}{4}$$
$$X_p = \frac{0,4586}{4}$$
$$X_p = 0,1146m$$

Dónde:

L_B = longitud del brazo del sistema de agitación

X_p = distancia entre rejillas

3.5.4. Filtro para separar la malta

La función de este filtro en el proceso de la obtención del vodka es separar residuos sólidos de la malta, para esto no existe ecuaciones de cálculo definidas por lo que se considera la luz de malla que retenga la cascara, la molienda gruesa y fina de la malta.

Tabla 11-3: Luz de malla para el primer filtro

FRACCIÓN	LUZ DE MALLA
Cascarilla	1270 mm
Molienda gruesa	1010 mm
Molienda fina	0,547 mm

Fuente: (Gisbert Verdú, 2016, p. 36)

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023

➤ Volumen del mosto estimado después del filtrado

Se considera un rendimiento del 91,69% , este dato es obtenido de la filtración realizada en la experimentación.

$$V_{MF} = \frac{\%Rendimiento * V_{MA}}{100}$$

$$V_{MF} = \frac{91,69 * 0,18m^3}{100}$$

$$V_{MF} = 0,16m^3$$

Dónde:

V_{MF} = volumen estimado de salida del mosto filtrado

V_H = volumen para la hidrólisis

3.5.5. Marmita para esterilización, inoculación y fermentación

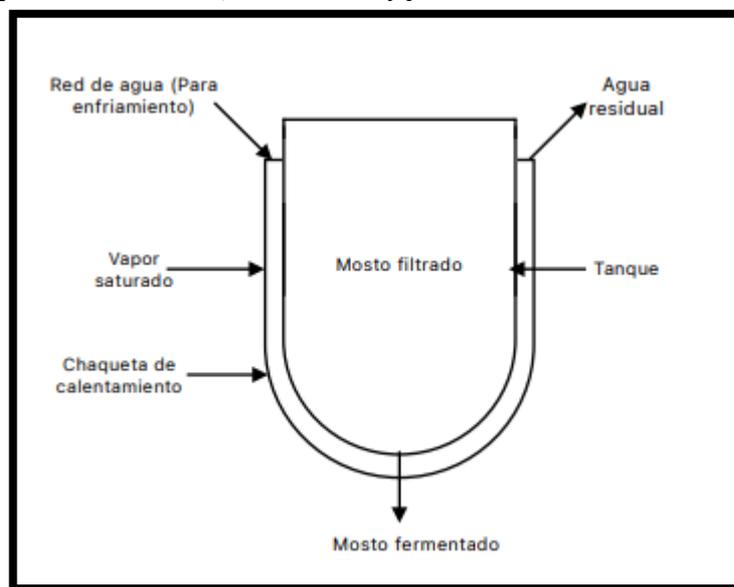


Ilustración 17-3: Marmita

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023

➤ Volumen del tanque de la marmita

$$V_{TM} = v_{mf} * (1 + f) * \alpha$$

$$V_{TM} = 0,16m^3 * (1 + 1,15) * 1$$

$$V_{TM} = 0,344m^3$$

Dónde:

V_{TM} = volumen total de la marmita

v_{mf} = volumen del mosto filtrado

$f =$ factor de seguridad 15%

$\alpha =$ número de lotes a procesar en la marmita

$V_{TM} =$ volumen del tanque de la marmita

➤ Diámetro del tanque de la marmita

$$\begin{aligned} V_{TM} &= V_{cilindro} + V_{semiesfera} \\ V_{TM} &= \frac{\pi}{4} * d_T^2 * h_{TM} + \frac{\pi}{12} * d_T^3 \end{aligned} \quad (1)$$

Dónde :

$V_{TM} =$ volumen total de la marmita

$d_T =$ diametro interno del tanque de la marmita

$h_{TM} =$ volumen del tanque de la marmita

Según (Calle, M, 2014; citados en Vásquez, 2014, p. 56), el factor de forma para un tanque cilíndrico es:

$$h_{TM} = 1.20 * d_T \quad (2)$$

Reemplazando las ecuaciones 2 en 1 y despejando d_T

$$\begin{aligned} d_T &= \left(\frac{12 * V_{TM}}{\pi * (3 * 1.20 + 1)} \right)^{1/3} \\ d_T &= \left(\frac{12 * 0,344m^3}{\pi * (3 * 1.20 + 1)} \right)^{1/3} \\ d_T &= 0,6585m \end{aligned}$$

➤ Altura del tanque de la marmita

$$\begin{aligned} h_{TM} &= 1.20 * d_T \\ h_{TM} &= 1.20 * 0,6585m \\ h_{TM} &= 0,7902m \end{aligned}$$

Dónde:

$d_T =$ diametro interno del tanque de la marmita

$h_{TM} =$ altura del tanque de la marmita

➤ Altura de la chaqueta de calentamiento de la marmita

$$h_{chaqueta TM} = \frac{h_{TM}}{1 + f}$$

$$h_{chaqueta TM} = \frac{0,7902m}{1 + 1,15}$$

$$h_{chaqueta TM} = 0,3675m$$

Dónde:

$h_{chaqueta TM}$ = altura de la chaqueta de calentamiento de la marmita

h_{TM} = volumen del tanque de la marmita

f = factor de seguridad

$h_{chaqueta TM}$ = altura de la chaqueta de la marmita

➤ Altura de llenado de la marmita

$$H_{llenado M} = \frac{v_{mf}}{\pi \left(\frac{d_T}{2}\right)^2}$$

$$H_{llenado M} = \frac{0,16m^3}{\pi \left(\frac{0,6585m}{2}\right)^2}$$

$$H_{llenado M} = 0,4698m$$

Dónde:

v_{mf} = volumen del mosto filtrado

d_T = diametro interno del tanque de la marmita

$H_{llenado M}$ = altura de llenado de la marmita

➤ Diámetro de la chaqueta de calentamiento de la marmita

$$d_{chaqueta T} = d_T * fs$$

$$d_{chaqueta T} = 0,6585 * 1,15$$

$$d_{chaqueta T} = 0,7572m$$

Dónde:

d_T = diametro interno del tanque de la marmita

fs = factor de seguridad 15%

$d_{chaqueta T}$ = diámetro de la chaqueta de la marmita

Tabla 12-3: Dimensiones de la marmita para la esterilización, inoculación y fermentación

MATERIAL	Acero Inoxidable 304	
Espesor de la plancha del acero	0,005m	
Geometría	Cilindro con fondo semiesférico	
Volumen de mosto filtrado	v_{mf}	$0,16m^3$
Volumen del tanque de la marmita	V_{TM}	$0,344m^3$
Diámetro interno del tanque de la marmita	d_T	$0,6585m$
Diámetro interno de la chaqueta de calentamiento de la marmita	$d_{chaqueta T}$	$0,7572m$
Altura del tanque de la marmita	h_{TM}	$0,7902m$
Altura de la chaqueta de la marmita	$h_{chaqueta TM}$	$0,3675m$
Ubicación del drenaje del tanque de la marmita	Al fondo	
Diámetro de los drenajes de la marmita	1.00pulgadas	
Válvula de globo	100% abierta o cerrada	

- Cálculo del área de transferencia

$$A_{Transferencia} = A_{cilindro} + A_{semiesfera}$$

$$A_{Transferencia} = \frac{\pi}{2} * d_T * (2 * h_{TM} + d_T)$$

$$A_{Transferencia} = \frac{\pi}{2} * 0,6585m * (2 * 0,7902m + 0,6585m)$$

$$A_{Transferencia} = 2,3158m^2$$

Sistema de agitación para la marmita

Se escogió el diseño de un agitador de paletas, con el fin de alcanzar en menor tiempos los 100°C para la esterilización de mosto.

- Diámetro del impulsor para la marmita

$$d_{IM} = \frac{1}{3} * d_T$$

$$d_{IM} = \frac{1}{3} * 0,6585m$$

$$d_{IM} = 0,2195m$$

Dónde:

d_{IM} = diámetro del impulsor para la marmita

d_T = diámetro interno de la chaqueta de la marmita

➤ Distancia del agitador con respecto al fondo de la marmita

$$\frac{h_{TM}}{4} = \frac{0,7902m}{4} = 0,1975m$$

Dónde:

h_{TM} = altura del tanque de la marmita

➤ Ancho de las paletas en el turbo agitador

$$A_{MA} = \frac{1}{5} * d_{IM}$$

$$A_{MA} = \frac{1}{5} * 0,2195m$$

$$A_{MA} = 0,0439m$$

Dónde:

d_{IM} = diámetro del impulsor para la marmita

A_{MA} = ancho de las paletas en el turbo agitador de la marmita

➤ Longitud de las paletas del agitador de turbina

$$L_{MA} = \frac{1}{4} * d_{IM}$$

$$L_{MA} = \frac{1}{4} * 0,2195m$$

$$L_{MA} = 0,0548m$$

Dónde:

d_{IM} = diámetro del impulsor para la marmita

L_{MA} = longitud de las paletas del agitador de turbina de la marmita

➤ Distancia entre paletas

$$D_{entre\ paletas} = \frac{2}{3} * d_T$$

$$D_{entre\ paletas} = \frac{2}{3} * 0,6585m$$

$$D_{entre\ paletas} = 0,439m$$

Dónde:

d_T = diámetro interno de la chaqueta de la marmita

$D_{entre\ paletas}$ = distancia entre paletas

3.5.6. Filtro para separar residuos de la levadura

En el proceso de fermentación se agrega un gramo por cada litro de mosto a fermentar, al finalizar este proceso se utiliza un filtro con el objetivo de eliminar las partículas disueltas, se estima que el tamaño de la levadura está dentro del rango de 3 y 40 μm , tomando en cuenta este dato se recomienda la luz de malla para este filtro.

Tabla 10-2: Luz de malla para el segundo filtro

FRACCIÓN	NUMERO DE MALLA	LUZ DE MALLA
Micropartículas	325	0,044 mm

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023

➤ Volumen del mosto estimado después del filtrado de micropartículas

Se considera el rendimiento del 99,85% obtenido de filtración realizada en la experimentación para eliminar micropartículas disueltas.

$$V_{2\ Fil} = \frac{\%Rendimiento * v_{Mosto\ fementado}}{100}$$

$$V_{2\ Fil} = \frac{99,85 * 0,16m^3}{100}$$

$$V_{2\ Fil} = 0,1597m^3$$

Dónde:

$V_{2\ Fil}$ = volumen estimado de la segunda filtración

3.5.7. Columna de destilación

El destilador va a tener una alimentación de 180 $\frac{L}{lote}$ de mosto fermentado con una densidad de 1,03 $\frac{g}{ml}$ y una concentración de etanol del 6,66%. Para los cálculos se necesita conocer los moles

por hora que va a procesar la columna de destilación. El tiempo estimado para la destilación será de 8h.

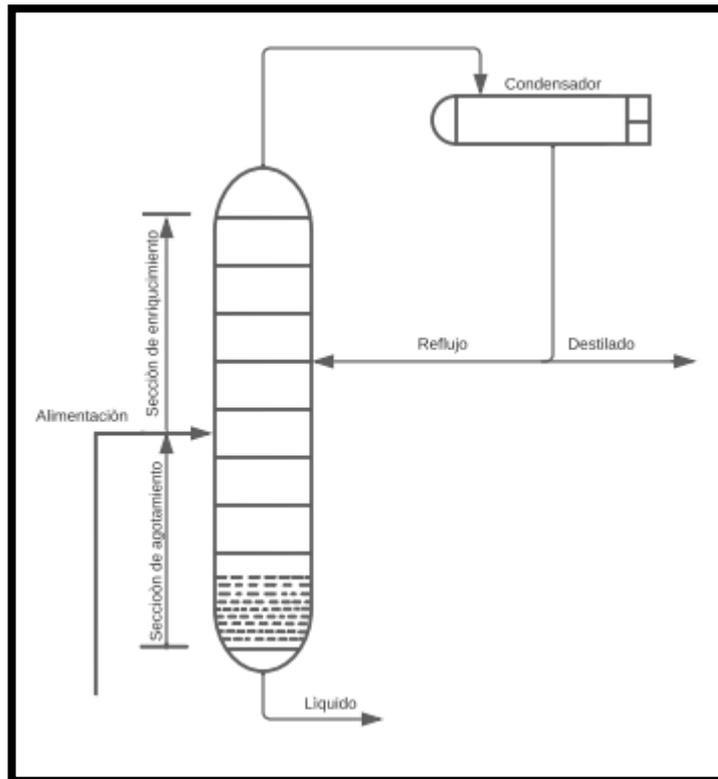


Ilustración 18-3: Columna de destilación

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2013

Además, se consideran datos adicionales presentados en la siguiente tabla para el diseño de la columna emplea en la destilación.

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

Densidad del etanol (ρ_{etanol})	Peso molecular del etanol (PM_{etanol})	Peso molecular del agua (PM_{agua})	Tensión superficial del etanol (σ_{etanol})	Temperatura media de vapores (T_{MV})	Presión absoluta media (P)
$0,780 \frac{g}{ml}$	$46,07 \frac{Kg}{mol}$	$18,01 \frac{Kg}{mol}$	$20,6 \frac{N}{m}$	$95^{\circ}C$	$760 mmHg$

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

➤ Fracción molar de la alimentación

Los grados alcohólicos estimados en el mosto fermentado es de 6,66°GL (6,66ml/100ml).

$$m_{\text{eta a } 6,6^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,0666\text{ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1\text{ml mezcla}} * \frac{0,789\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1\text{ml C}_2\text{H}_5\text{OH}} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,0510 \frac{\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{\text{agua a } 6,6^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,9334\text{ml H}_2\text{O}}{1\text{ml mezcla}} * \frac{1\text{g H}_2\text{O}}{1\text{ml H}_2\text{O}} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,9062 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{g mezcla}}$$

$$X_F = \frac{\frac{m_{\text{eta a } 6,6^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}}}{\frac{m_{\text{eta a } 6,6^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}} + \frac{m_{\text{agua a } 6,6^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{agua}}}}$$

$$X_F = \frac{\frac{0,0510}{46,07}}{\frac{0,0510}{46,07} + \frac{0,9062}{18,01}}$$

$$X_F = 0,0215$$

➤ Fracción molar del destilado

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

$$m_{\text{eta a } 30^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,3\text{ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1\text{ml mezcla}} * \frac{0,789\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1\text{ml C}_2\text{H}_5\text{OH}} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,2298 \frac{\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{\text{agua a } 30^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,7\text{ml H}_2\text{O}}{1\text{ml mezcla}} * \frac{1\text{g H}_2\text{O}}{1\text{ml H}_2\text{O}} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,6796 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{g mezcla}}$$

$$X_D = \frac{\frac{m_{\text{eta a } 30^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}}}{\frac{m_{\text{eta a } 30^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}} + \frac{m_{\text{agua a } 30^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{agua}}}}$$

$$X_D = \frac{\frac{0,2298}{46,07}}{\frac{0,2298}{46,07} + \frac{0,6796}{18,01}}$$

$$X_D = 0,1167$$

➤ Fracción molar del fondo

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

$$m_{\text{eta a } 5^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,05\text{ml C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1\text{ml mezcla}} * \frac{0,789\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1\text{ml C}_2\text{H}_5\text{OH}} * \frac{1\text{ml mezcla}}{1,03\text{g mezcla}} = 0,0383 \frac{\text{g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{\text{agua a } 5^{\circ}\text{GL}} = \frac{0,95 \text{ ml } H_2O}{1 \text{ ml mezcla}} * \frac{1 \text{ g } H_2O}{1 \text{ ml } H_2O} * \frac{1 \text{ ml mezcla}}{1,03 \text{ g mezcla}} = 0,9223 \frac{\text{g } H_2O}{\text{g mezcla}}$$

$$X_W = \frac{\frac{m_{\text{eta a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}}}{\frac{m_{\text{eta a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{etanol}}} + \frac{m_{\text{agua a } 5^{\circ}\text{GL}}}{PM_{\text{agua}}}}$$

$$X_W = \frac{\frac{0,0383}{46,07}}{\frac{0,0383}{46,07} + \frac{0,9223}{18,01}}$$

$$X_W = 0,0159$$

- Peso molecular del mosto fermentado

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

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

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

Dónde:

PM_{etanol} = peso molecular del etanol

X_F = fracción molar de la alimentación

PM_{agua} = peso molecular del agua

- Flujo molar del mosto fermentado por hora

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

$$\dot{n}_F = \frac{180 \frac{\text{L}}{\text{lote}} * 1,03 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}}{8 \text{ h}}$$

$$\dot{n}_F = 23,175 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ mol}}{18,61 \text{ Kg}}$$

$$\dot{n}_F = 1,2452 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Dónde:

V_{MF} = volumen del mosto fermentado

ρ_{MF} = densidad del mosto fermentado

t = tiempo estimado = 8h

- Flujo molar del destilado por hora

$$n_D = \frac{n_F * (X_F - X_W)}{X_D - X_W}$$

$$n_D = \frac{1,2452 \frac{mol}{h} * (0,0215 - 0,0159)}{0,1167 - 0,0159}$$

$$n_D = 0,0691 \frac{mol}{h}$$

Dónde:

n_F = flujo molar del mosto fermentado

X_F = fracción molar del mosto fermentado

X_W = flujo molar del fondo

X_D = flujo molar del destilado

➤ Flujo molar del fondo por hora

$$n_F = n_D + n_W$$

$$n_W = n_F - n_D$$

$$n_W = 1,2452 \frac{mol}{h} - 0,0691 \frac{mol}{h}$$

$$n_W = 1,1761 \frac{mol}{h}$$

Dónde:

n_D = flujo molar del destilado

n_F = flujo molar del destilado

➤ Flujo molar del líquido de reflujo por hora

$$R_T = \frac{n_{LR}}{n_D}$$

$$n_{LR} = R_T * n_D$$

$$n_{LR} = 4,45 * 0,0691 \frac{mol}{h}$$

$$n_{LR} = 0,3074 \frac{mol}{h}$$

Dónde:

R_T = reflujo total

n_D = flujo molar del destilado

- Flujo molar del vapor por hora

$$n_v = n_{LR} + n_D$$

$$n_v = 0,3074 \frac{mol}{h} + 0,0691 \frac{mol}{h}$$

$$n_v = 0,3765 \frac{mol}{h}$$

Dónde:

$n_D =$ flujo molar del destilado

$n_{LR} =$ flujo molar del líquido de reflujo

- Condiciones de operación de la destilación

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

Tabla 15-3: Condiciones de operación de la destilación

Fración molar del etanol en el mosto fermentado (X_F)	Fración molar de etanol obtenido de la 1ra destilación (X_D)	Fración molar de los fondos (X_W)	Alimentación líquido-vapor (Q)	Reflujo real (R_R)
0,0215	0,1167	0,0159	0,5	3,07

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

- Cálculo de la x de intersección

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

$$x_{int} = \frac{0,0215 * (3,07 + 1) + 0,1167 * (0,5 - 1)}{0,5 * (3,07 + 1) - 3,07 * (0,5 - 1)}$$

$$x_{int} = 8,16 \times 10^{-3}$$

- Cálculo de la y de intersección

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

$$y_{int} = \frac{3,07}{3,07 + 1}(0,0118) + \frac{0,1167}{3,07 + 1}$$

$$y_{int} = 0,0375$$

- Cálculo para la recta operativa de la zona de enriquecimiento

La x_{enq} es la fracción molar del destilado ya que se requiere llegar hasta dicho parámetro x_D

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

$$y_{enr} = \frac{3,07}{3,07 + 1}0,1167 + \frac{0,1167}{3,07 + 1}$$

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

Tabla 16-3: Datos para la recta de enriquecimiento

$X_{enriquecimiento}$	$Y_{enriquecimiento}$
0,1167	0,1167
0,0375	$8,16 \times 10^{-3}$

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

- Cálculo para la zona de alimentación

Se considera a la x_{enq} como la fracción molar de la alimentación x_F

Tabla 17-3: Datos para la recta de alimentación

$X_{alimentación}$	$Y_{alimentación}$
0,0215	0,0215
$8,16 \times 10^{-3}$	0,0375

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

- Cálculo para zona de agotamiento

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

$$B = \frac{0,0375 - 0,0159}{0,0375 - 8,16 \times 10^{-3}}$$

$$B = 0,7361$$

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

$$y_{agota} = \frac{0,7361 + 1}{0,7361} 0,0159 - \frac{0,0159}{0,7361}$$

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

Tabla 18-3: Datos para la recta de agotamiento

$X_{agotamiento}$	$y_{agotamiento}$
$8,16 \times 10^{-3}$	0,0375
0,0159	0,0159

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

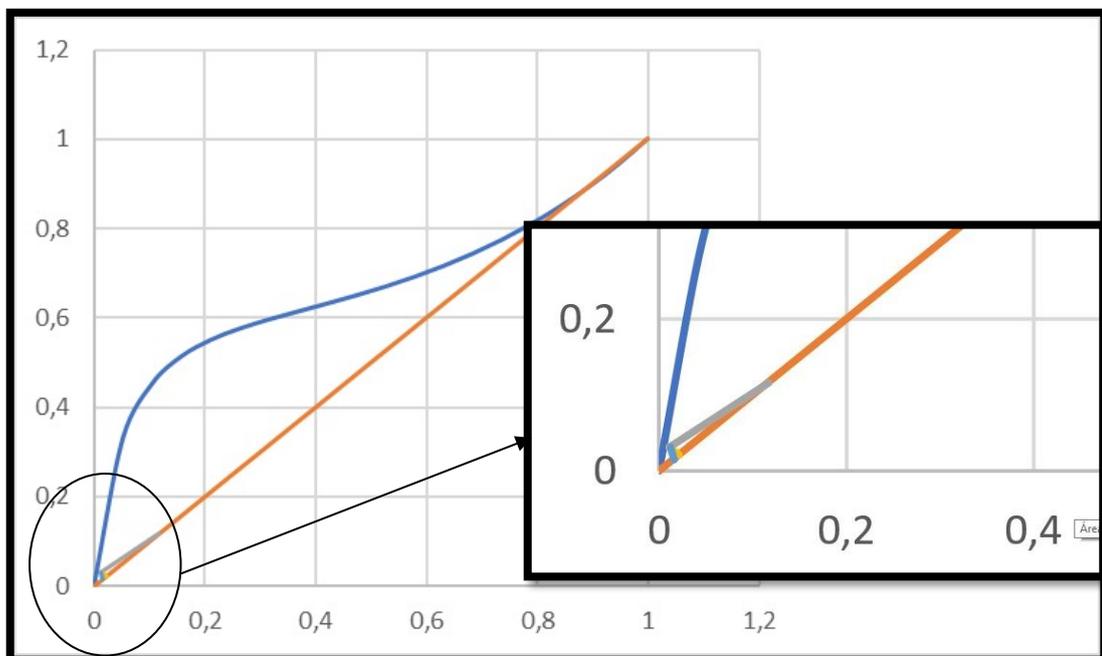


Ilustración 19-3: Enriquecimiento, agotamiento y alimentación

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

➤ Número de platos por el método gráfico

Según el método gráfico tenemos dos de platos teóricos.

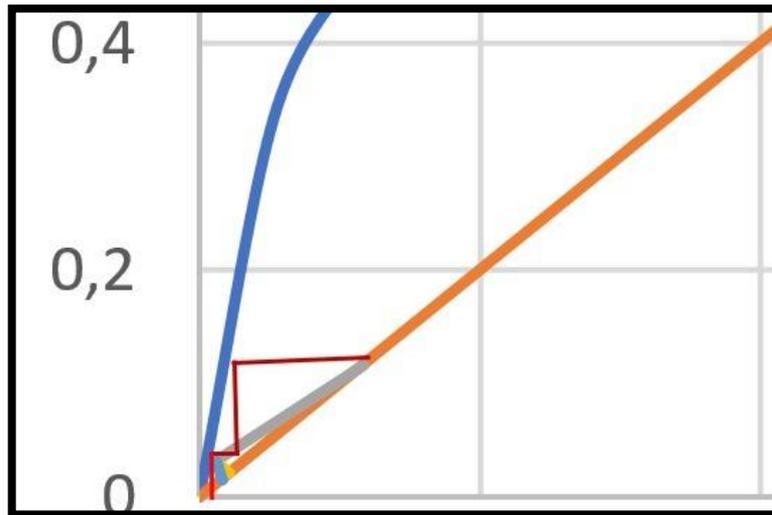


Ilustración 20-3: Número de platos

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

Tabla 19-3: Datos para la eficiencia del proceso

Presiones de vapor del etanol ($P^{\circ}C5H5OH$)	Presiones de vapor del agua ($P^{\circ}H2O$)	Viscosidad del etanol ($\mu C5H5OH$)	Viscosidad del agua ($\mu H2O$)
677,8 mmHg	289,1 mmHg	0,49cp	0,4 cp

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

- Volatilidad relativa del alcohol

$$\alpha = \frac{P^{\circ}C5H5OH}{P^{\circ}H2O}$$

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

$$\alpha = 2,34$$

- Viscosidad media del mosto fermentado

$$\mu_F = \mu C5H5OH * X_F + \mu H2O * (1 - X_F)$$

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

$$\mu_F = 0,4019$$

$$\alpha * \mu_F = 2,34 * 0,4019$$

$$\alpha * \mu_F = 0,94044$$

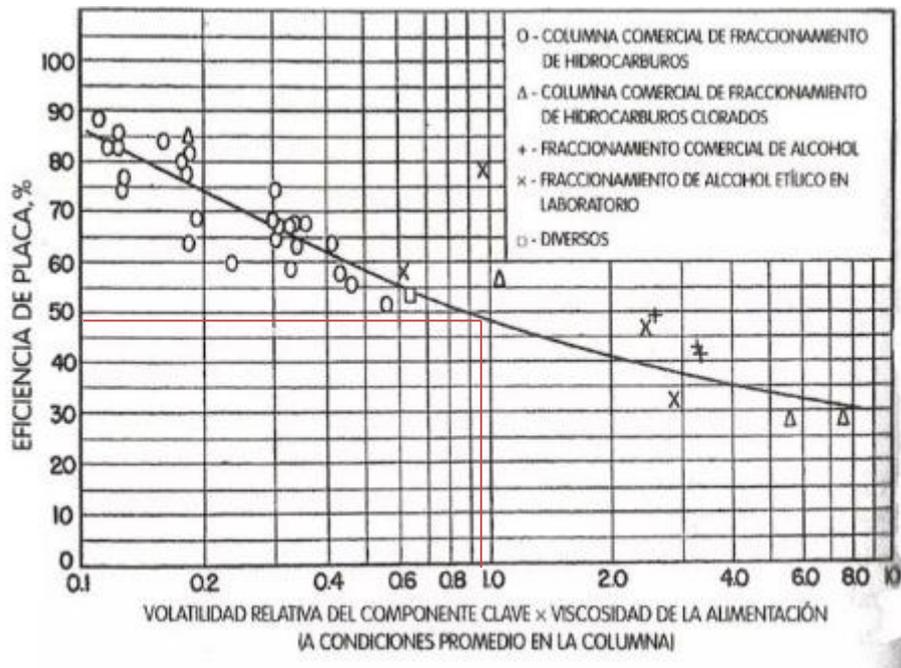


Ilustración 21-3: Eficiencia de la columna de destilación

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

Considerando el producto de la volatilidad relativa del alcohol y la viscosidad media del mosto fermentado tenemos una eficiencia del 49% como lo muestra en la tabla.

- Número de platos reales

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

$$\#Platos_{real} = \frac{2}{0,49}$$

$$\#Platos_{real} = 4,08$$

- Densidad del vapor

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

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

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

- Cálculo del coeficiente k

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

$$\frac{0,2383}{0,3074} * \left(\frac{1,5996}{789} \right)^{1/2} = 0,0349$$

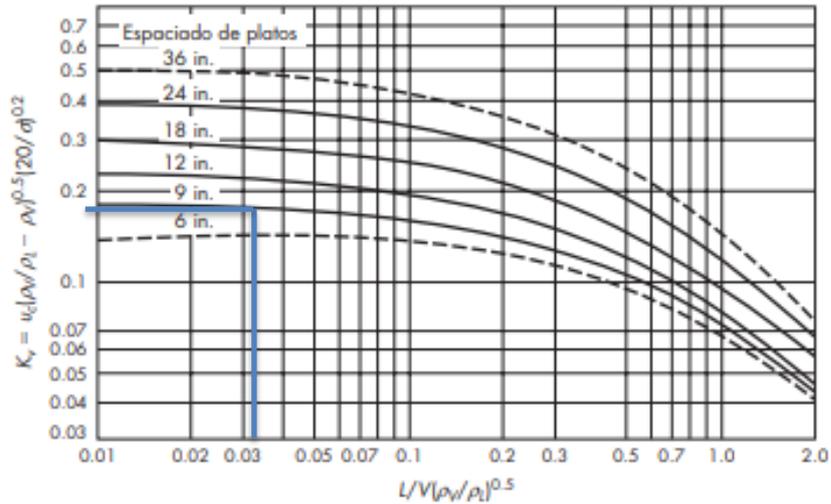


Ilustración 22-3: Determinación de K

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

Utilizando el valor 0,0349 y la distancia de 9in, debido a que tenemos 4 platos y para obtener un buen rendimiento se obtiene una distancia un valor de $k = 0,20$

- Velocidad de los vapores

$$\mu = k * \sqrt{\frac{\rho_{etanol} - \rho_V}{\rho_V} * \frac{\sigma}{20}}$$

$$\mu = 0,20 * \sqrt{\frac{789 - 1,5996}{1,5996} * \frac{20,6}{20}}$$

$$\mu = 4,5034 \text{ m/s}$$

- Diámetro de la columna de destilación

$$\Phi_{colum} = \sqrt{\frac{4 * n_V * (273 + T_{mv}) * 760}{\pi * \mu * 3600 * P}}$$

$$\phi_{column} = \sqrt{\frac{4 * 0,3074 * (273 + 95) * 760}{\pi * 4,5034 * 3600 * 760}}$$

$$\phi_{column} = 0,0942m$$

Dónde:

μ = velocidad del vapor

T_{mv} = temperatura media del vapor

n_V = flujo molar del vapor por hora

P = presión absoluta media

➤ Altura de la columna

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

$$h_{column} = 2 * 9in * \frac{0,0254m}{1in}$$

$$h_{column} = 0,4572m$$

➤ Altura total de la columna

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

$$h_{Total\ column} = 0,4572 + 0,2286$$

$$h_{Total\ column} = 0,6858m$$

➤ Diámetro del serpentín del condensador

$$\phi_S = \frac{3}{8}in * \frac{2,54cm}{1in}$$

$$\phi_S = 0,952cm = 0,0095m$$

➤ Longitud del serpentín para el condensador

$$L_S = \pi * \phi_S$$

$$L_S = \pi * 0,0095m$$

$$L_S = 0,0299m$$

➤ Longitud que va a ocupar el serpentín

Se estima que el serpentín tendrá una altura de 0,30m y un ancho 0,25m, el serpentín vendrá separado del fondo en una relación $\frac{E}{D_T} = \frac{1}{4}$

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

$$E = \frac{0,25m}{4}$$

$$E = 0,0625m$$

$$L_{sc} = 0,25 - 0,0625$$

$$L_{sc} = 0,1875m$$

La longitud que va a ocupar el serpentín es 0,1875m

➤ Número de vueltas

$$\#vuelvas = \frac{L_{sc}}{\phi_s}$$

$$\#vuelvas = \frac{0,1875m}{0,0095}$$

$$\#vuelvas = 19,73$$

➤ Longitud total del serpentín

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

$$L_{TS} = 0,0299m * 19,73$$

$$L_{TS} = 0,5899m$$

3.5.8. Tanque de almacenamiento

El tanque debe tener la capacidad de almacenar los 180 litros de vodka que se van a producir en semanalmente, es decir debe tener un volumen de 0.06m³.

➤ Volumen total del tanque de almacenamiento

$$V_{Total} = V_{vodka} * fs$$

$$V_{Total} = 0,18m^3 * 1,15$$

$$V_{total} = 0,207m^3$$

Dónde:

V_{vodka} = volumen del vodka que se va a almacenar

fs = factor de seguridad 15%

V_{Total} = volumen total del tanque de almacenamiento

➤ Diámetro interno del tanque de almacenamiento

$$\begin{aligned}\Phi_{almacenamiento} &= \sqrt[3]{\frac{3V_{total}}{4\pi}} * 2 \\ \Phi_{almacenamiento} &= \sqrt[3]{\frac{3 * 0,207m^3}{4\pi}} * 2 \\ \Phi_{almacenamiento} &= 0,7339m\end{aligned}$$

Dónde:

V_{Total} = volumen total del tanque de almacenamiento

$\Phi_{almacenamiento}$ = diámetro del tanque de almacenamiento

➤ Altura del tanque de almacenamiento

$$\begin{aligned}h_{almacenamiento} &= \frac{V_{total}}{\pi \left(\frac{\Phi_{almacenamiento}}{2}\right)^2} \\ h_{almacenamiento} &= \frac{0,207m^3}{\pi \left(\frac{0,7339m}{2}\right)^2} \\ h_{almacenamiento} &= 0,4893m\end{aligned}$$

Dónde:

V_{total} = volumen total del tanque de almacenamiento

$\Phi_{almacenamiento}$ = Diámetro interno del tanque de almacenamiento

$h_{almacenamiento}$ = altura del tanque de almacenamiento

➤ Altura de llenado del tanque de almacenamiento

$$\begin{aligned}H_{llenado TA} &= \frac{v_{Vodka}}{\pi \left(\frac{\Phi_{almacenamiento}}{2}\right)^2} \\ H_{llenado TA} &= \frac{0,18m^3}{\pi \left(\frac{0,7339m}{2}\right)^2} \\ H_{llenado TA} &= 0,4255m\end{aligned}$$

Dónde:

v_{Vodka} = volumen a ocupar del vodka

$\Phi_{almacenamiento}$ = Diámetro interno del tanque de almacenamiento

$H_{llenado TA}$ = altura de llenado del tanque de almacenamiento

3.6. Análisis de costo-beneficio para la producción de vodka

Se realiza el análisis costo-beneficio que presenta la planta de producción de vodka, con el fin de analizar la viabilidad que tiene la ejecución de una línea de producción de vodka para la empresa Primicia.

3.6.1. Inversión fija

Hace referencia a la cantidad de dinero que se necesita para la construcción de la planta de producción de vodka, es decir, es la suma de todos los activos fijos, sean estos tangibles o intangibles.

Tabla 20-3: Costos de la inversión fija

COSTO DE EQUIPOS PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN			
Equipos	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Reactor con agitador de paletas	1	3500,00	3500,00
Reactor con agitador de marco y ancla	2	3000,00	6000,00
Filtro	2	362,40	724,80
Marmita	1	4000,00	4000,00
Columna de destilación	1	6600,00	6600,00
Tanque de almacenamiento	1	2000,00	2000,00
Equipo de envasado y etiquetado	1	5000,00	5000,00
SUBTOTAL			27824,8
ADECUACIÓN DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN			
Infraestructura		6000,00	6000,00

Implementación de servicios básicos (agua, luz, internet)		1500,00	1500,00
SUBTOTAL			7500,00

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

Tabla 21-3: Costo total de inversión fija

INVERSIÓN	COSTO (\$)
Costo de equipos para la línea de producción	27824,8
Adecuación del área de producción	7500,00
SUBTOTAL	35324,80
Imprevistos (5%)	1766,24
TOTAL	37191,04

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

3.6.2. Determinación de egresos

Uno de los egresos más importantes a determinar, es el costo para la producción de 180L de vodka semanalmente, para lo cual se considera el uso del destilador con el que actualmente cuenta la empresa, con una capacidad operativa de 60L, para lo cual se determina una producción Bach de 3 lotes de 60 litros por semana. En la siguiente tabla se detalla la materia prima necesaria para la elaboración de un lote de producción.

Tabla 22-3: Costo de elaboración de un lote de producción

MATERIA PRIMA E INSUMOS	VALOR POR PRESENTACIÓN	VALOR UNITARIO (\$)	CANTIDAD REQUERIDA PARA 60L	VALOR TOTAL (\$) PARA 60L
Almidón de papa Gabriela	\$1,30 por 454g	\$0,002863 por g	3000g	\$8,59
Almidón de zanahoria blanca	\$1,30 por 454g	\$0,002863 por g	3000g	\$8,59
Malta Extra Pale Ale	\$17,50 por 5Kg	\$3,50 por kg	6Kg	\$21,00
Levadura Turbo Yeast	\$30,00 por 180g	\$0,1666 por g	60g	\$10,00

Agua de botellón	\$2,25 por 20L	\$0,1125 por L	60L	\$6,75
Agua destilada	\$3,00 por galón	\$3,00 por galón	7 galones	\$21,00
Ácido cítrico	\$1,75 por 28g	\$0,0625 por g	60g	\$3,30
Lugol	1,25 el frasco	\$1,25	1	\$1,25
Botella de vidrio 1 L	\$0,75 la botella de 1L	\$1,00	60	\$60,00
Etiquetas	\$0,15 por botella	\$0,15	60	\$9,00
TOTAL, DEL LOTE DE 60L				\$149,47
TOTAL, SEMANALMETE				\$448,42
TOTAL, ANUALMENTE				\$23317,94

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

A continuación, se detalla los gastos aproximados de los servicios básicos empleados para la producción del vodka

Tabla 20-3: Costo de servicios básicos

SERVICIO BÁSICO	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)
Agua potable	40,00	480,00
Energía eléctrica	60,00	720,00
Internet	30,00	360,00
Línea telefónica	25,00	300,00
TOTAL	155,00	1860,00

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

Tabla 24-3: Costo de mano de obra directa

PERSONAL	CANTIDAD	SALARIO (\$)	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)
Operario	2	450,00	900,00	10800,00
Técnico de laboratorio	1	600,00	600,00	7200,00
TOTAL			1500,00	18000,00

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

A continuación, se presenta una tabla resumen de los egresos anuales para la producción de vodka para la empresa Primicia.

Tabla 25-3: Costo total de egresos

DESCRIPCIÓN DE EGRESOS	VALOR ANUAL (\$)
Costo de la producción anual	23317,94
Costo de servicios básicos	1860,00
Costo de mano de obra directa	18000,00
SUBTOTAL	43177,94
Imprevistos (5%)	2158,90
TOTAL	45336,84

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

3.6.3. Costos totales de inversión fija y egresos

En la siguiente tabla se detallan los costos totales anuales de la inversión fija y egresos añadiendo a estos el 5% de imprevistos.

Tabla 26-3: Costos totales de inversión fija y egresos

DESCRIPCION	VALOR (\$)
Inversión fija	37091,04
Egresos	45336,84
TOTAL	82427,88

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

3.6.4. Determinación de ingresos anuales

Los ingresos son las entradas de dinero que recibe la empresa por el producto elaborado en la planta de producción, es decir el vodka, para lo cual se calcula el precio de venta al público. Su producción será de 3 lotes por semana de 60 unidades de 1L, con una utilidad de 25%.

3.6.4.1. Costo de producción por unidad producida.

$$CP = \frac{\text{Inversión fija} + \text{egresos anuales}}{N^{\circ} \text{ unidades producidas} * \text{Dias produccion mensual} * \text{por meses totales}}$$

$$CP = \frac{37091,04 + 45336,84}{60 * 25 * 12}$$

$$CP = 4,58$$

Dónde:

$CP = \text{costo de producción por unidad } (\$)$

3.6.4.2. Precio de venta unitaria al público

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

$$PVP = 4,58 \left(\frac{100}{100 - 25} \right)$$

$$PVP = \$6,11$$

Dónde:

$PVP = \text{precio venta unitario al publico } (\$)$

$CP = \text{costo de producción } (\$)$

$U = \text{utilidad de ganancia}(25\%)$

Una vez obtenido el precio de venta unitario al público, se detalla en la siguiente tabla los costos de producción e ingresos anuales.

Tabla 27-3: Producción de ingresos anuales

UNIDADES PRODUCIDAS ANUALES (L)	COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL (\$)	COSTO DE PRODUCCIÓN POR UNIDAD (\$)	PVP (\$)	INGRESOS ANUALES (\$)
9360	23317,94	4,58	6,11	57150,00

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

3.6.5. Cálculo del valor actual neto, tasa de retorno interno y periodo de recuperación

Una vez calculado el costo de producción y el precio unitario de venta en una presentación de 1000ml de vodka a partir de la mezcla de papa Gabriela y zanahoria blanca, se valora la factibilidad de la línea de producción en la empresa Primicia, tomando en cuenta tres evaluaciones financieras, los cuales se efectúan a continuación.

3.6.5.1. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto mide los flujos de dinero presentes en los ingresos y egresos futuros de la empresa, para determinar las ganancias luego de deducir la inversión inicial. A continuación, se presentan los tres criterios para la toma de decisión.

$VAN < 0$: Proyecto no viable

$VAN > 0$: Proyecto viable

$VAN = 0$: Proyecto de inversión insignificante

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

Dónde:

$VAN =$ valor actual neto

$Inv =$ inversión inicial ($t = 0$)

$n =$ número de períodos de tiempo

$Ft =$ flujo de dinero encada periodo t

$t =$ período de tiempo

$i =$ tasa de descuento

Tabla 28-3: Cálculo del VAN

PERIODO INICIAL	INVERSION INICIAL (\$)			
0	Inversión fija = 37091,04			
Período (años) t	Ingresos (\$)	Egresos (\$)	Flujo de caja (\$ Fj)	$\frac{Ft}{(1+i)^t}$
1	57150,00	45336,84	11813,16	10739,23
2	57149,99	45336,84	11813,16	9762,94
3	57149,99	45336,84	11813,16	8875,40
4	57149,99	45336,84	11813,16	8068,54
5	57149,99	45336,84	11813,16	7335,04
Tasa de descuento	$i = 10\%$	$VAN = -Inv + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t}$		7690,12

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

3.6.5.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa de retorno es un indicador que nos asegura de la rentabilidad de la línea de producción de vodka, consiste en determinar si la inversión es recomendable o no, para el cálculo de este indicador se empleó la hoja de Excel en donde se realizó el análisis de costo-beneficio para la producción de vodka, esto se pudo calcular mediante la función “=TIR(valores; estimar)”, mediante el cual se obtuvo el siguiente resultado.

$$TIR = 18\%$$

El resultado se determina mediante los siguientes parámetros:

TIR > i: la inversión en el proyecto es rentable.

TIR < i: la inversión en el proyecto es rechazada.

TIR = i: la inversión en el proyecto es indiferente

3.6.5.3. Periodo de recuperación

Mediante el periodo de recuperación podemos calcular el tiempo estimado en donde la empresa podrá recuperar la inversión inicial empleada para la ejecución de la línea de producción.

Tabla 29-3: Cálculo del PDR

PERÓDO (AÑO)	FLUJO DE CAJA	FLUJO ACUMULADO
0	-37091,04	-37091,04
1	11813,16	-25277,88
2	11813,16	-13464,73
3	11813,16	-1651,57
4	11813,16	10161,59
5	11813,16	21974,74

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

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

$$PDR = 3 + \frac{-1651,57}{10161,59}$$

$$PDR = 2,84 \text{ años} = 2 \text{ años con } 10 \text{ meses}$$

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del almidón de zanahoria blanca y papa Gabriela, utilizados como materia prima para la obtención de vodka, cuyo fin fue obtener datos dentro de los rangos establecido por la normativa, para obtener un producto de calidad y poder validar el producto final.

4.1. Caracterización de la materia prima

4.1.1. Rendimiento del almidón

Tabla 1-4: Rendimiento del almidón

Almidón	Rendimiento (%)
Almidón de papa Gabriela	12,11
Almidón de zanahoria blanca	14,21

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023

4.1.2. Análisis organolépticos de la materia prima

Tabla 2-4: Resultados de los análisis organolépticos del almidón

Parámetro	Almidón de papa Gabriela	Almidón de zanahoria blanca
Color	Blanco	Blanco hueso
Olor	neutro	neutro
Apariencia	Polvo blanquecino	Polvo blanquecino
Textura	liso	liso

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023

4.1.3. Análisis físico de la materia prima

Tabla 3-4: Resultados fisicoquímicos del almidón

Parámetro	Parámetros según la normativa NTE INEN 1456		Resultado		Unidades
	Mínimo	Máximo	Papa Gabriela	zanahoria blanca	
Solubilidad	Debe cumplir el ensayo		✓	✓	-
pH	5,00	7,00	6,47	6,91	-
Sustancias Reductoras		0,7	0,54	0,32	g/100g
Residuo por calcinación		0,4	0,104	0,1621	g/100g
Sensibilidad	Debe cumplir el ensayo		Coloración Azul	Coloración Azul	-

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

4.2. Validación del producto

4.2.1. Validación del vodka de papa Gabriela y zanahoria blanca

Se realizó un análisis en el cromatógrafo de gases para la validación del producto elaborado según la normativa NTE INEN 369, de dicho análisis se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 0-1: Resultados físicos y químicos para el vodka

REQUISITOS	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADOS
		MIN	MAX	
Alcohol fracción volumétrica	%	37,5	-	41
Furfural	mg/100 cm ³ (*)	-	0,0	< 0,01
Alcoholes Superiores	mg/100 cm ³ (*)	-	0,7	0,31
Metanol	mg/100 cm ³ (*)	-	1,5	0,21

Fuente: Multianalítica, 2023.

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

4.2.2. Comparación de precio del vodka obtenido con el vodka comercializado

Tabla 5-4: Comparación de precios del vodka obtenido con vodkas del comercio

VODKA OBTENIDO			VODKAS EN EL MERCADO		
Marca	N° de destilaciones	Precio venta al público \$ (PVP)	Marca	N° de destilaciones	Precio venta al público \$ (PVP)
Vodka de papa Gabriela y zanahoria blanca	3	6,11	RUSSKAYA VODKA	3	11,61
			SKYY VODKA	4	13,99
			BOLS VODKA	4	10,99
			POLIAKOV VODKA	3	8,49
			SIBERIAN VODKA	3	6,69

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

4.3. Resultados de la dimensión de la planta

Se realizaron las dimensiones de los equipos para el diseño de la planta de producción de vodka de papa Gabriela y zanahoria blanca, para lo cual se considera acero inoxidable AISI 304, debido a sus características y aplicaciones para la construcción de equipos industriales por su buena resistencia a la corrosión.

Tabla 6-4: Dimensiones de los equipos

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
TANQUE CON AGITADOR DE PALETAS PARA LA MEZCLA MALTA-AGUA		
Volumen del total de tanque de la mezcla malta-agua	0,1035	m^3
Diámetro interno del tanque de la mezcla malta-agua	0,5825	m
Altura del tanque de la mezcla malta-agua	0,3883	m
Altura de llenado del tanque de la mezcla malta-agua	0,3377	m

Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de la mezcla malta-agua.	0,1806	<i>m</i>
Diámetro de la chaqueta para la mezcla malta-agua	0,7572	<i>m</i>
Espesor de la chaqueta de calentamiento para la mezcla malta-agua	0,1747	<i>m</i>
Diámetro del impulsor	0,1941	<i>m</i>
Distancia del agitador con respecto al fondo del tanque de la mezcla malta-agua	0,0970	<i>m</i>
Ancho de las paletas en el turbo agitador	0,0388	<i>m</i>
Longitud de las paletas del agitador de turbina	0,0485	<i>m</i>
Distancia entre paletas	0,383	<i>m</i>
TANQUE CON AGITADOR DE MARCO Y ANCLA PARA LA MEZCLA ALMIDÓN-AGUA		
Volumen total del tanque de la mezcla almidón-agua	0,1035	<i>m</i> ³
Diámetro interno del tanque de la mezcla almidón-agua	0,5825	<i>m</i>
Altura del tanque de la mezcla almidón-agua	0,3870	<i>m</i>
Altura de llenado del tanque de la mezcla almidón-agua	0,3377	<i>m</i>
Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de la mezcla almidón-agua	0,18	<i>m</i>
Diámetro de la chaqueta de calentamiento para la mezcla almidón-agua	0,7572	<i>m</i>
Espesor de la chaqueta del calentamiento para la mezcla almidón-agua	0,1747	<i>m</i>
Longitud del brazo del sistema de agitación	0,3640	<i>m</i>
Espesor del agitador	0,0404	<i>m</i>
Diámetro del rodete	0,4368	<i>m</i>
Distancia entre el fondo y el rodete	0,04	<i>m</i>
Altura de la paleta	0,0728	<i>m</i>
Distancia de las rejillas	0,091	<i>m</i>
TANQUE CON AGITADOR DE MARCO Y ANCLA PARA LA HIDRÓLISIS		
Volumen total del tanque de la mezcla de la hidrólisis	0,207	<i>m</i> ³

Diámetro del tanque para la hidrólisis	0,7339	<i>m</i>
Altura del tanque para la hidrólisis	0,4893	<i>m</i>
Altura de llenado del tanque para la hidrólisis	0,4255	<i>m</i>
Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de la hidrólisis	0,2275	<i>m</i>
Diámetro de la chaqueta de calentamiento para la hidrólisis	0,9540	<i>m</i>
Espesor de la chaqueta de calentamiento para la hidrólisis	0,2201	<i>m</i>
Longitud del brazo del sistema de agitación	0,4586	<i>m</i>
Espesor del agitador	0,0509	<i>m</i>
Diámetro del rodete	0,5504	<i>m</i>
Distancia entre el fondo del tanque de la hidrólisis y el rodete	0,0307	<i>m</i>
Altura de la paleta	0,0917	<i>m</i>
Distancia entre rejillas	0,1146	<i>m</i>
FILTRO PARA SEPARAR LA MALTA DEL MOSTO		
FRACCIÓN	LUZ DE MALLA	
Cascarilla	1270	mm
Molienda gruesa	1010	mm
Molienda fina	0,547	mm
Volumen estimado de salida del mosto filtrado	0,16	<i>m</i> ³
MARMITA PARA ESTERILIZACIÓN, INOCULACIÓN Y FERMENTACIÓN		
Volumen total del tanque de la marmita	0,344	<i>m</i> ³
Diámetro interno de la marmita	0,6585	<i>m</i>
Diámetro interno de la chaqueta de calentamiento de la marmita	0,7572	<i>m</i>
Altura del tanque de la marmita	0,7902	<i>m</i>
Altura de la chaqueta de la marmita	0,3675	<i>m</i>
Altura de llenado de la marmita	0,4698	<i>m</i>
Diámetro del impulsor para la marmita	0,2195	<i>m</i>
Distancia del agitador con respecto al fondo de la marmita	0,1975	<i>m</i>
Ancho de las paletas en el turbo agitador	0,0439	<i>m</i>

Longitud de las paletas del agitador de turbina	0,0548	m
Distancia entre paletas	0,439	m
FILTRO PARA SEPARAR RESIDUOS DESPÚES DE LA FERMENTACIÓN		
FRACCIÓN	LUZ DE MALLA	
Micropartículas	0,044	mm
Volumen estimado de la segunda filtración	0,1597	m ³
COLUMNA DE DESTILACIÓN		
Fracción molar del destilado	0,1167	
Fracción molar de la alimentación	0,0215	
Fracción molar del fondo	0,0159	
Número de platos	4	
Diámetro de la columna de destilación	0,0942	m
Altura total de la columna	0,6858	m
Diámetro del serpentín del condensador	0,0095	m
Longitud del serpentín del condensador	0,0299	m
Número de vueltas del serpentín	19,73	
Longitud total del serpentín	0,5899	m
TANQUE DE ALMACENAMIENTO		
Volumen total del tanque de almacenamiento	0,207	m ³
Diámetro interno del tanque de almacenamiento	0,7339	m
Altura del tanque de almacenamiento	0,4893	m
Altura de llenado del tanque de almacenamiento	0,4255	m

Realizado por: Quizhpe, Guenny, 2023.

4.4. Análisis y discusión de los resultados

➤ Para la elaboración del vodka a partir de la mezcla de papa Gabriela y zanahoria blanca se realizó la extracción de almidón por vía húmeda de estos tubérculos, obteniendo así sus rendimientos, el tubérculo con mayor rendimiento fue la zanahoria blanca con un valor de 14,21%, El rendimiento de la papa Gabriela fue de 12,11. En el trabajo de investigación posterior a este realizado por Montero (2022, p. 63) se obtuvo un rendimiento del 12,69% de la papa Gabriela y 13,56% de la zanahoria blanca, los cuales tiene cierta semejanza ya que se siguió la misma técnica para la obtención del almidón.

➤ La caracterización del almidón empleado para la elaboración del vodka se realizó en el laboratorio de investigación de la facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo, mediante la norma NTE INEN 1456: 1986 para determinar los requisitos físicos químicos del almidón, se obtuvo un pH de 6,47; 0,54 g/100g de sustancias reductoras y 0,104 de residuos de calcinación para el almidón de papa Gabriela. En los resultados del almidón de zanahoria blanca se obtuvo: un pH de 6,91; 0,32 g/100g de sustancias reductoras y un residuo de calcinación de 0,162 g/100g. Ambos tipos presentaron solubilidad y una coloración azul en el ensayo de sensibilidad. Además, se realizó un análisis organoléptico en los dos tipos de almidón presentando un olor neutro, una textura lisa y una apariencia de polvo blanquecino, sin embargo, la diferencia se encontró en el color, ya que el almidón de papa Gabriela es blanco y el color del almidón de la zanahoria blanca presentaba una tonalidad de blanco hueso.

➤ Se realizó la caracterización del vodka, con respecto a la normativa NTE INEN 369 (2016), en la cual establece los requisitos físicos y químicos para el vodka, los resultados obtenidos validan el diseño del proceso de la elaboración del producto final, dichos resultados fueron los siguientes: grado alcohólico 41°GL; furfural < 0,01 mg/100 cm³; metanol 0,21 mg/100 cm³ y alcoholes superiores 0,31 mg/100 cm³.

➤ Se realizó un análisis costo-beneficio para una producción semanal de 3 lotes de 60 unidades que contengan un litro de vodka, estas unidades tendrán un costo de producción por unidad producida de \$4,58 y será comercializará en el mercado a un precio de \$6,11, con una inversión inicial \$37091,04 con utilidad de ganancia del 25%. Para realizar este análisis se consideró los costos tanto de maquinaria, mano de obra, servicios básicos y la instalación de los equipos dentro de la planta de producción del vodka necesarios para realizar los cálculos del VAN, TIR y PDR, dichos cálculos sirven para determinar la viabilidad de ejecución de este proyecto técnico y el tiempo en el que se recupera la inversión hecha.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Se obtuvo almidón de papa Gabriela y zanahoria blanca mediante vía húmeda obtenido un rendimiento de 12,11% del almidón de papa Gabriela y 14,21% del almidón de la zanahoria blanca, valores similares a los obtenidos en la investigación realizada para la evaluación de la mezcla de almidones para la obtención del vodka, considerándose aceptables valores mayores al 12%
- Se realizó la caracterización fisicoquímica del almidón de zanahoria blanca y papa Gabriela, mediante la norma NTE INEN 1456: 1986, mediante el cual se obtuvieron los siguientes resultados: un pH de 6,47; 0,54 g/100g de sustancias reductoras y 0,104 de residuos de calcinación para el almidón de papa Gabriela. En los resultados del almidón de zanahoria blanca se obtuvo: un pH de 6,91; 0,32 g/100g de sustancias reductoras y un residuo de calcinación de 0,162 g/100g. Las dos muestras de almidón presentaron solubilidad y una coloración azul en el ensayo de sensibilidad.
- Se definieron las variables de diseño del proceso de obtención de vodka en base a un trabajo de investigación anteriormente realizado, gracias a este estableció que las variables más importantes para llevar a cabo el proceso son las siguientes: pH y temperatura de gelatinización del almidón, pH y temperatura de la activación de la malta, temperatura para la hidrólisis enzimática, pH y temperatura para la inoculación y la temperatura de destilación.
- Se diseñó el proceso productivo requerido para la elaboración de vodka a partir de la mezcla de papa Gabriela y zanahoria blanca, necesario para la producción de vodka, el cual conlleva un tanque con agitador de paletas para la mezcla malta-agua con un volumen de $0,1035m^3$, un tanque con agitación de marco y ancla para la mezcla almidón-agua con un volumen de $0,1035m^3$, un tanque de agitación de marco y ancla para la hidrólisis con un volumen $0,207m^3$, dos filtros, uno de ellos para retener residuos de la malta con una luz de malla de 0,547mm y el segundo con el fin de retener microorganismos luego de la fermentación con una luz de malla de 0,044mm, una marmita para la esterilización, inoculación y fermentación con un volumen de $0,336m^3$, una columna de destilación con una capacidad de $0,18m^3$ y un tanque de almacenamiento con un volumen de $0,207m^3$.
- Se validó técnica y económicamente el proceso del vodka mediante la norma NTE INEN 369 (2016) obteniendo los siguientes valores: grado alcohólico 41°GL; furfural < 0,01 mg/100

cm³; metanol 0,21 mg/100 cm³ y alcoholes superiores 0,31 mg/100 cm³, todos estos parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro del rango que establece la norma. De igual manera se aplicaron indicadores financieros para comprobar la rentabilidad del proceso, obteniendo los siguientes resultados: valor actual neto (VAN) de \$7690,12; tasa interna de retorno (TIR) de 18% de y el periodo de recuperación de dos años con 10 meses, con una inversión inicial de \$37091,04 por lo que se concluye la viabilidad de este proyecto ya que la empresa obtendrá ganancias luego del periodo de recuperación.

RECOMENDACIONES

- Experimentar con otros tipos de almidón que se extraigan de diversos tubérculos que tengan gran demanda en la región sierra, con el fin de ayudar a los pequeños productos agrícolas.
- Experimentar la inoculación del mosto con otro tipo de levadura y con una diferente cantidad con respecto al volumen del mosto a fermentar.
- Al concluir las tres destilaciones es aconsejable filtrar el etanol obtenido con carbón activado con el fin de lograr un producto clarificado y purificado, eliminando sabores y olores indeseados.
- Utilizar enzimas de mayor rendimiento, tales como Termamyl 120 Type L o Fungamyl 1800 L, las cuales se han comprobado por otras investigaciones que obtiene un mayor grado alcohólico desde la primera destilación.
- Con el fin de optimizar energía, tiempo y costos se sugiere la construcción de la columna de destilación.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAMOVA, I.M., MEDRISH, M.E., ROMANOVA, A.G., GAVRILOVA, D.A. y PAVLENKO, S. V., 2020. Chemical characterization of ethanol and vodka in Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 548, no. 8. ISSN 17551315. DOI 10.1088/1755-1315/548/8/082059.

ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T., 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Fao* [en línea], vol. 163, pp. 134. ISSN 1944-8244. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

BONILLA BERMEO, S. M., & ALVAREZ MACIAS, D.A., 2011. Diseño, construcción y puesta en marcha de una columna piloto de destilación de platos perforados con alimentación dual. *Guayaquil*, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596.

CARBONERO, P.Z., 1975. Bioquímica de las fermentaciones. *Monografías de la Universidad Politécnica de Madrid*, pp. 50.

CASPER, B., 2018. Análisis de bebidas alcohólicas destiladas con un sistema de cromatografía de gases Agilent 8890. ,

CHAMORRO, D., 2021. Evaluación De La Producción De Vodka Artesanal “La Destilería”, Haciendo Uso De Passiflora Edulis (Maracuyá) Como Fruta Adicional. *Fundación Universidad de América - Programa de Ingeniería Química*, pp. 27-45.

GISBERT VERDÚ, M., 2016. Diseño del proceso industrial para la elaboración de cerveza. *Universidad Politécnica de Valencia. Campus de Alcoy* [en línea], pp. 78. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73275/Diseño y puesta en marcha de una planta elaboradora de cerveza.pdf?sequence=3](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73275/Diseño_y_puesta_en_marcha_de_una_planta_elaboradora_de_cerveza.pdf?sequence=3).

INEN 369, 2016. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. INEN 369 Bebidas Alcohólicas. Vodka. Requisitos. [en línea], Disponible en: https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_369-5.pdf http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1511.pdf.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN) 1459, 1986. REACTIVOS PARA ANALISIS. ALMIDON SOLUBLE (C6 H10 O5) n. (PARA IODOMETRIA).

REQUISITOS. , pp. 1-5.

J. Plou, F. (2016). Las enzimas. Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas. , 2016.

JAGADEESAN, S., GOVINDARAJU, I. y MAZUMDER, N., 2020. An Insight into the Ultrastructural and Physiochemical Characterization of Potato Starch: a Review. *American Journal of Potato Research*, vol. 97, no. 5, pp. 464-476. ISSN 18749380. DOI 10.1007/s12230-020-09798-w.

JAVIER VÁZQUEZ, H. y DACOSTA, O., 2007. Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, investigación y tecnología*, vol. 8, no. 4, pp. 249-259. DOI 10.22201/fi.25940732e.2007.08n4.020.

LÓPEZ, M., TRIANA, J., PÉREZ, F. y TORRES, M., 2005. Métodos Físicos de Separación y Purificación de Sustancias Orgánicas. *Universidad de las Palmas de Gran Canaria* [en línea], vol. 1, no. 2, pp. 1-52. Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/436/1/494.pdf>.

MAZÓN, N., CASTILLO, R., HERMANN, M. y ESPINOSA, P., 1996. *La Zanahoria Blanca o Arracacha en Ecuador* [en línea]. 1996. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2696>.

MCCABE, W.L., SMITH, J.C. y HARRIOTT, P., 2017. *Operaciones unitarias en ingeniería química* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9781424453924. Disponible en: <http://www.sgc.se/rappporter/resources/Evaluation.pdf> %0Ahttp://www.springer.com/series/8059 %0Ahttps://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjhfLp9KrNAhWKGB4KHftNCfsQFggcMAA&url=https://mediathek.fnr.de/media/.

MENDOZA, D., 2005. El Cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). *Guías Técnicas de Frutas y Vegetales* [en línea], pp. 14. Disponible en: <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-de-la-papa,-F.pdf>.

MENDOZA, R., ROMERO, D., REYES, P., ROBLES, M. y REYNA, M., 2017. Hidrólisis enzimática de almidón. *Revista de Investigación*, vol. 10, no. 1, pp. 129-140. ISSN 2011-639X. DOI 10.29097/2011-639x.70.

MONTERO, J., 2022. *EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ENTRE LA PAPA GABRIELA Y ZANAHORIA BLANCA COMO MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE VODKA EN LA EMPRESA PRIMICIA*. S.l.: [Tesis de pregrado presentado para optar al grado académico de Ingeniera Química]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

MORALES, B. y MOLINA, M., 2015. Evaluación De Factores Que Pueden Influir En El Proceso De Sacarificación-Fermentación Simultáneas Para La Producción De Etanol a Partir De Materiales Amiláceos. *Revista Ingeniería*, vol. 25, no. 1, pp. 47-61. ISSN 1409-2441. DOI 10.15517/ri.v25i1.14665.

NTE INEN 1456, 2012. Reactivos Para Análisis . Almidón Soluble. *Inen* [en línea], vol. Primero, pp. 2-9. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>.

PALLO PAREDES, E.L., GUAPI AUQUILLA, A.P. y MULLO PAUCAR, M.V., 2021. Agrobiodiversidad de papa nativa en la provincia de Tungurahua. *Siembra*, vol. 8, no. 1. ISSN 1390-8928. DOI 10.29166/siembra.v8i1.2273.

SIERRA, A., SOLANO, F. y VALDERRAMA, J., 2016. Elaboración de bioplástico a partir del almidón presente en papas. *Instituto Mexicano Madero Plantel Zavaleta, Puebla* [en línea], no. 2008, pp. 1. Disponible en: https://dspace.umad.edu.mx/bitstream/handle/11670/264/10_Secundaria_Elaboracion-de-bioplastico-a-partir-del-almidon-presente-en-papas_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SIRÍŠTOVÁ, L., PRINOSILOVÁ, Š., RIDDELLOVÁ, K., HAJŠLOVÁ, J. y MELZUCH, K., 2012. Changes in quality parameters of vodka filtered through activated charcoal. *Czech Journal of Food Sciences*, vol. 30, no. 5, pp. 474-482. ISSN 12121800. DOI 10.17221/361/2011-cjfs.

SPAHO, N., 2017. Distillation Techniques in the Fruit Spirits Production. *Distillation - Innovative Applications and Modeling*, no. August. DOI 10.5772/66774.

STONE, J. y NIXON, M., 2000. *THE DISTILLATION OF ALCOHOL A Professional Guide for Amateur Distillers*. S.l.: s.n. ISBN 0473066084.

SUÁREZ, C., GARRIDO, N. y GUEVARA, C., 2016. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. *ICIDCA. Sobre los derivados de la ña de Azúcar*, vol. 50, pp. 20-28. ISSN 0138-6204.

TUÁREZ PÁRRAGA, M.A., LAZ MERO, M.L. y BERMELLO OCHOA, S.J., 2020. Evaluación de levaduras en la producción de etanol a partir de melaza de caña de azúcar. *Revista ESPAMCIENCIA*, vol. 11, no. 2, pp. 115-119. DOI 10.51260/revista_espamciencia.v11i2.193.

VALERIANO, J., 2021. ELABORACIÓN DE VODKA. , vol. Primera Ed, pp. 1-52.

VÁSQUEZ, T., 2014. *DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA EL PROCESAMIENTO DE FRUTAS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3492/1/T-UCE-0017-92.pdf>.

VERA BRAVO, A.F. y CHAVARRÍA CHAVARRÍA, M.A., 2020. Extracción y caracterización del almidón de papa (*solanum tuberosum*) variedad leona blanca. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, vol. 10, no. 2, pp. 26-34. ISSN 2413-192X. DOI 10.5377/elhigo.v10i2.10550.

WIŚNIEWSKA, P., ŚLIWIŃSKA, M., DYMERSKI, T., WARDENCKI, W. y NAMIEŚNIK, J., 2015. The Analysis of Vodka: A Review Paper. *Food Analytical Methods*, vol. 8, no. 8, pp. 2000-2010. ISSN 1936976X. DOI 10.1007/s12161-015-0089-7.



ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE LA ZANAHORIA BLANCA



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Guenny Quizhpe	OBTENCIÓN DE ALMIDÓN		
a) Reducción de tamaño de la zanahoria blanca b) Filtración c) Sedimentación d) Secado del almidón	<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	2023/02/10

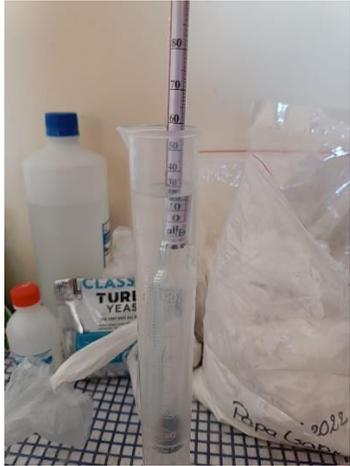
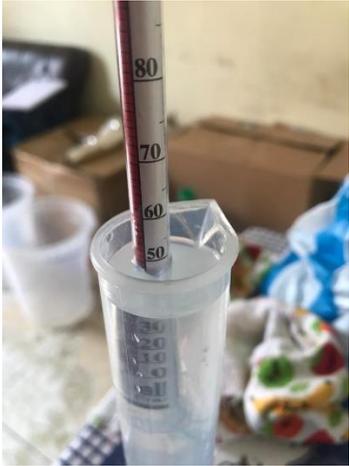
ANEXO B: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 				
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: Guenny Quizhpe</p>	<p>CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN</p>				
<p>a) Prueba de sensibilidad b) Determinación de pH c) Ácido sulfúrico para calcinación d) Cenizas de calcinación</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>					<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>
					<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2023/02/10</p>

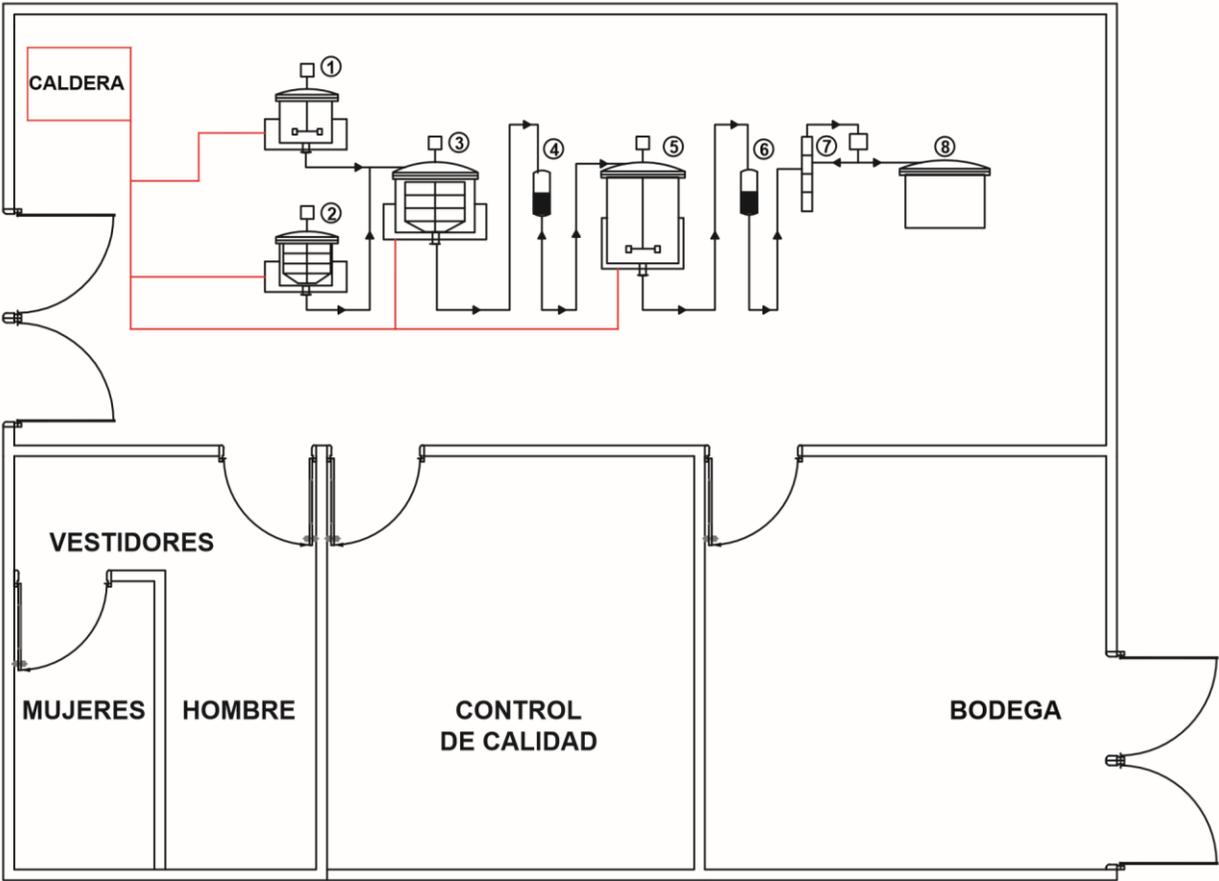
ANEXO C: OBTENCIÓN DE VODKA

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 		
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p>	<p>OBTENCIÓN DEL VODKA</p>		
<p>a) Gelatinización del almidón b) Determinación del pH de la mezcla malta-agua c) Fermentación d) Destilación</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>				
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2023/02/10</p>

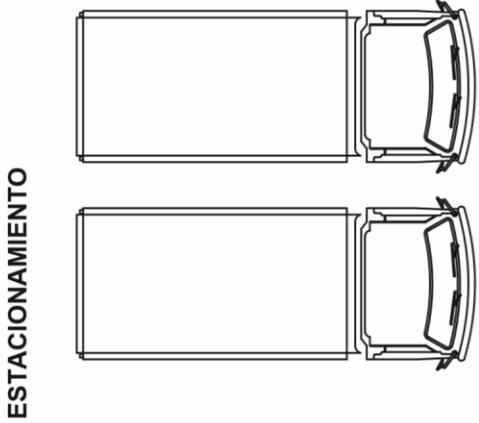
ANEXO D: ALCOHOL OBTENIDO DE LAS TRES DESTILACIONES

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 		
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: Guenny Quizhpe</p>	<p>°GL DEL ALCOHOL OBTENIDO</p>		
<p>a) 30°GL primera destilación b) 50°GL segunda destilación c) 70°GL tercera destilación d) 41°GL estandarización</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2023/02/10</p>

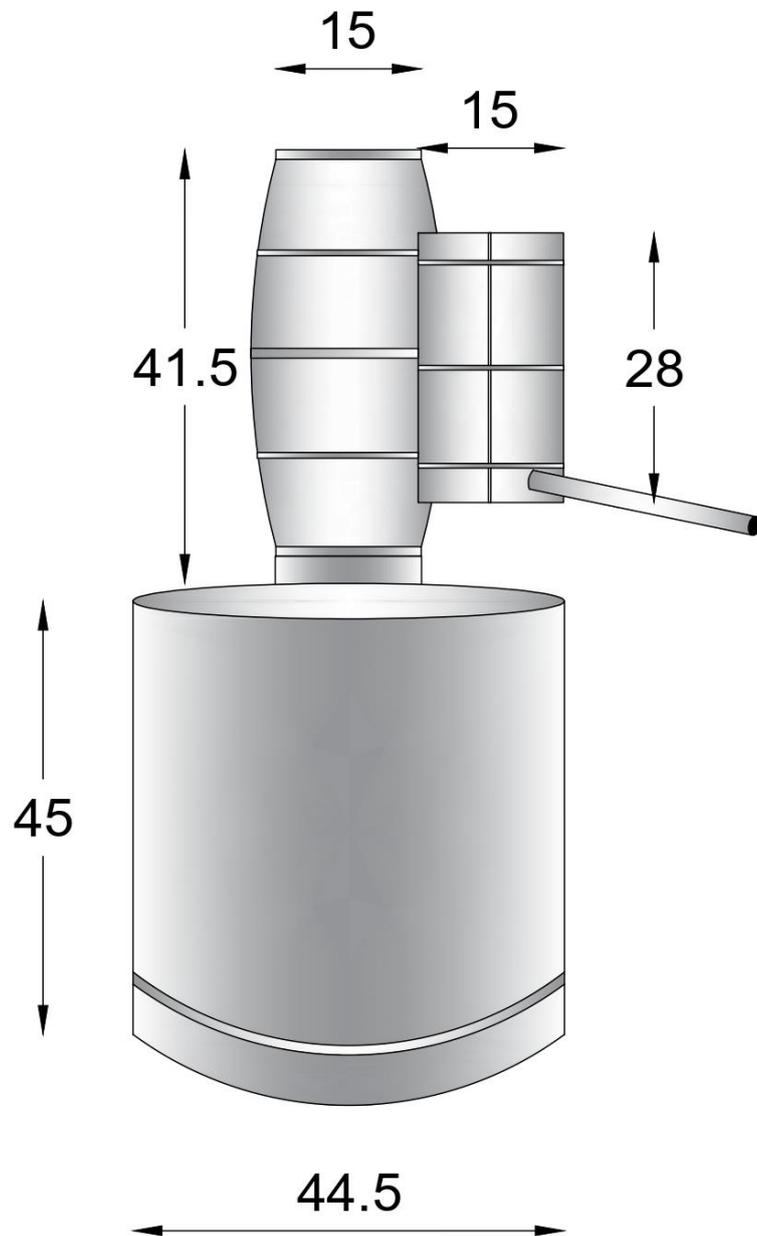
ANEXO E: PLANTA DE PRODUCCIÓN



- 1. REACTOR CON AGITADOR DE PALETAS
- 2. REACTOR CON AGITADOR DE MARCO Y ANCLA
- 3. REACTOR CON AGITADOR DE MARCO Y ANCLA PARA HIDROLISIS
- 4. FILTRO
- 5. MARMITA
- 6. FILTRO
- 7. COLUMNA DE DESTILACIÓN
- 8. TANQUE DE ALMACENAMIENTO



ANEXO F: DESTILADOR DE LA EMPRESA PRIMICIA



ANEXO G: TABLA TERMODINÁMICA (CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN DEL AGUA)

908 | Tablas de propiedades, figuras y diagramas (unidades SI)

TABLA A-3

Propiedades de líquidos, sólidos y alimentos comunes

a) Líquidos

Sustancia	Datos de ebullición a 1 atm		Datos de congelación		Propiedades de líquidos		
	Punto de ebullición normal, °C	Calor latente de vaporización h_{fg} , kJ/kg	Punto de congelación, °C	Calor latente de fusión h_{if} , kJ/kg	Temperatura, °C	Densidad ρ , kg/m ³	Calor específico c_p , kJ/kg · K
Aceite comestible (ligero)					25	910	1.80
Agua	100	2257	0.0	333.7	0	1000	4.22
					25	997	4.18
					50	988	4.18
					75	975	4.19
					100	958	4.22
Alcohol etílico	78.6	855	-156	108	20	789	2.84
Amoniaco	-33.3	1357	-77.7	322.4	-33.3	682	4.43
					-20	665	4.52
					0	639	4.60
					25	602	4.80
Argón	-185.9	161.6	-189.3	28	-185.6	1394	1.14
Benceno	80.2	394	5.5	126	20	879	1.72
n-Butano	-0.5	385.2	-138.5	80.3	-0.5	601	2.31
Dióxido de carbono	-78.4*	230.5 (a 0°C)	-56.6		0	298	0.59
Etanol	78.2	838.3	-114.2	109	25	783	2.46
Etilén glicol	198.1	800.1	-10.8	181.1	20	1109	2.84
Glicerina	179.9	974	18.9	200.6	20	1261	2.32
Helio	-268.9	22.8	—	—	-268.9	146.2	22.8
Hidrógeno	-252.8	445.7	-259.2	59.5	-252.8	70.7	10.0
Isobutano	-11.7	367.1	-160	105.7	-11.7	593.8	2.28
Mercurio	356.7	294.7	-38.9	11.4	25	13,560	0.139
Metano	-161.5	510.4	-182.2	58.4	-161.5	423	3.49
					-100	301	5.79
Metanol	64.5	1100	-97.7	99.2	25	787	2.55
Nitrógeno	-195.8	198.6	-210	25.3	-195.8	809	2.06
					-160	596	2.97
Octano	124.8	306.3	-57.5	180.7	20	703	2.10
Oxígeno	-183	212.7	-218.8	13.7	-183	1141	1.71
Petróleo	—	230–384	—	—	20	640	2.0
Propano	-42.1	427.8	-187.7	80.0	-42.1	581	2.25
					0	529	2.53
					50	449	3.13
Queroseno	204–293	251	-24.9	—	20	820	2.00
Refrigerante 134a	-26.1	217.0	-96.6	—	-50	1443	1.23
Salmuera (20% de cloruro de sodio a base másica)	103.9	—	-17.4	—	20	1150	3.11
					-26.1	1374	1.27
					0	1295	1.34
					25	1207	1.43

* Temperatura de sublimación. (A presiones por debajo de la presión de punto triple de 518 kPa, el dióxido de carbono existe como un sólido o un gas. También, la temperatura de punto de congelamiento del dióxido de carbono es la temperatura de punto triple de -56.5°C.)

ANEXO H: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL VODKA



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-IN.64803a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	QUIZHE PULLAGUARI GUENNY BRIGGITTE
Dirección:	11 DE NOVIEMBRE Y MILTON REYES
Teléfono:	0989394684

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Vodka de zanahoria blanca y papa Gabriela		
Lote	---	Contenido Declarado:	250mL
Fecha de Elaboración:	---	Fecha de Vencimiento:	---
Fecha de Recepción:	2023-01-31	Hora de Recepción	14:29:08
Fecha de Análisis:	2023-02-02	Fecha de Emisión:	2023-02-07
Material de Envase:	vidrio		
Toma de Muestra realizada por:	EL CLIENTE		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

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

RESULTADOS INSTRUMENTAL

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA
GRADO ALCOHOLICO	41	°GL	MIN-06	NTE INEN 340:2016 (Método alcoholímetro vidrio)
⁹⁹ FURFURAL	<0.01	mg/100 cm ³ AA	MIN-88	NTE INEN 2014:2015/CG-FID
⁹⁹ METANOL	0.21	mg/100 cm ³ AA	MIN-24	NTE INEN 2014:2015/CG-FID
⁹⁹ ALCOHOLES SUPERIORES	0.31	mg/100 cm ³ AA	MIN-87	NTE INEN 2014:2015/CG-FID

Nota 1: ⁹⁹Los 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 CONCEPCION - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
Telf: (02) 330 0247, 226 9743, 244 4670 / email: informes@multianalityca.com



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 19 / 05 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Guenny Brigitte Quizhpe Pullaguari
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0706-DBRA-UPT-2023