

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de:
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

**EVALUACIÓN DE INDICADORES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y
MEDIOAMBIENTALES DE LA ETAPA DE DESTILACIÓN EN LA
DESTILERÍA ADRIANITA SECTOR LA PRIMAVERA**

AUTOR/A:

ANDREA STEFANY PIEDRA LASCANO

DIRECTORES:

AMAURY PÉREZ MARTINEZ

VÍCTOR CERDA MEJÍA

PUYO-PASTAZA-ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS

RESPONSABILIDAD

Yo, Andrea Stefany Piedra Lascano, bajo juramento declaro que el contenido de este proyecto de investigación es de mi exclusiva autoría que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.

Andrea Stefany Piedra Lascano

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN

Por medio del presente, nosotros Amaury Pérez Martínez con número de cédula 175715076-6 y Víctor Rodrigo Cerda Mejía con número de cédula 1802850022 certificamos que la egresada Andrea Stefany Piedra Lascano, realizó el trabajo de investigación y desarrollo titulado “EVALUACIÓN DE INDICADORES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES DE LA ETAPA DE DESTILACIÓN EN LA DESTILERÍA ADRIANITA, SECTOR LA PRIMAVERA” previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial bajo nuestra supervisión.

.....

Amaury Pérez Martínez

.....

Víctor Cerda Mejía

DIRECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

DIRECTORES DEL PROYECTO

ESTE PROYECTO FUE REVISADO Y APROBADO POR EL SIGUIENTE TRIBUNAL
DE SUSTENTACIÓN O GRADO

.....
Dr. Reinier Abreu PhD

PRESIDENTE

.....
MSc. Paulina Ulloa

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
MSc. Franklin Villafuerte

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

2018



Oficio No. 012-UTIC-UEA-2018

Puyo, 14 de Junio de 2018

Señores

Secretaría Académica U.E.A.

Presente.-

Por medio de presente CERTIFICO que:

El proyecto de titulación, investigación y desarrollo correspondiente a **PIEDRA LASCANO ANDREA STEFANY**, con C.I. 1600627861 con el Tema: "**EVALUACIÓN DE INDICADORES TECNICOS, ECONOMICOS Y MEDIO AMBIENTALES DE LA ETAPA DE DESTILACIÓN EN LA DESTILERIA ADRIANITA, SECTOR LA PRIMAVERA**", de la Carrera de Ing. Agroindustrial, Director de proyecto. Dr. C. Victor Rodrigo Cerda Mejía. ha sido revisado mediante el Sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 01 0/0. Informe generado con fecha 14 de junio de 2018 por parte del Director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes,

Atentamente,

Ing. Elías Jachero Robalino MsC.

UNIDAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN DE LA UEA
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND - UEA –

NOTA: Adjunto Informe generado el 14 de junio de 2018 por parte de/ Director de/ proyecto.

Urkund Analysis Result

Analysed Document: PROYECTO AP 14-06-2018 (Recuperado).docx (D40185833)
Submitted: 6/14/2018 11:54:00 PM
Submitted By: amperez@uea.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

PROYECTO I+D GC urkund.docx (D35191795)
Cargua-Alcocer.pdf (D27484880)
https://es.wikipedia.org/wiki/Fermentaci%C3%B3n_alcoh%C3%B3lica

Instances where selected sources appear:

5

AVAL

Quien suscribe AMAURY PÉREZ MARTÍNEZ y VÍCTOR CERDA MARTINEZ, Docente de la Universidad Estatal Amazónica abalizan el Proyecto de investigación:

Título: “EVALUACIÓN DE INDICADORES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES DE LA ETAPA DE DESTILACIÓN EN LA DESTILERÍA ADRIANITA SECTOR LA PRIMAVERA”

Autor (a): ANDREA STEFANY PIEDRA LASCANO

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Investigación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de investigación para que sea presentado ante la Coordinación de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial como forma de titulación como Ingeniero en Agroindustrias, y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 08 días del mes de Junio del 2018.

Atentamente,

AMAURY PÉREZ MARTÍNEZ
CI. 175715076-6

VÍCTOR CERDA MEJÍA
CI. 1802850022

INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título: “EVALUACIÓN DE INDICADORES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES DE LA ETAPA DE DESTILACIÓN EN LA DESTILERÍA ADRIANITA SECTOR LA PRIMAVERA”

Autor (a): Piedra Lascano Andrea Stefany

Unidad de Titulación: Carrera de Ingeniería Agroindustrial

Director del proyecto: Dr. Amaury Pérez, MSc. Víctor Cerda

Fecha: 08 de junio del 2018

Introducción y contexto de la investigación:

La provincia de Pastaza pertenece a la Región Amazónica en donde se hallan ubicados cultivos de caña que son aprovechados en la elaboración de panela también como fruta y una parte va las destilerías de la zona, razón de este estudio. Siendo que la extracción de etanol constituye una actividad económicamente activa y laboral tanto para el productor como para la mano de obra utilizada, se vislumbra problemas de índole técnico, porque se carece de tecnología apropiada para evitar el desperdicio en la extracción del etanol, otro problema que es muy importante, es la necesidad de contar con medidores de parámetros operacionales tales como temperatura de entrada, de operación y de salida de la misma; debiéndose al desconocimiento y a la falta de capacitación por no haber programas que vayan a mejorar este aprendizaje; añadiéndose a estos el problema medio ambiental que provocan las vinazas desechadas de la destilación, pues no hay un tratamiento adecuado para las mismas.

Por otro lado, una gran cantidad de cultivos de caña se destinan a las 23 destilerías que elaboran etanol, una de ellas es la destilería Adrianita del sector de la primavera, vía a la Shell (GADPPz, 2012). La destilación se da por el contacto entre los vapores que ascienden con el líquido condensado que desciende, por la utilización de diferentes “platos” (placas o picos) fenómeno al cual se le denomina rectificación. Esto facilita el intercambio de calor entre los vapores (que ceden) y los líquidos con menor (que reciben) (Guarnizo Franco & Martínez Yepes, 2009).

Cumplimiento de objetivos

Los objetivos propuestos en la investigación se cumplieron satisfactoriamente de la siguiente manera: se caracterizó el proceso de destilación para la obtención de etanol mediante la realización de un diagrama de flujo de proceso y la descripción del flujo tecnológico.

Se determinó mediante indicadores técnicos, económicos y medioambientales la etapa de destilación, obteniendo valores que se encuentran dentro de los rangos establecidos en el proceso de producción de etanol.

Principales resultados obtenidos

La investigación propuesta demostró que en el proceso de destilación de etanol en la destilería Adrianita ubicada en el sector la primavera no es estandarizado, por ello no se puede garantizar que los indicadores técnicos, económicos y medioambientales sean constantes. En la etapa de destilación se midieron parámetros de control tales como pH, Brix° y temperatura de las corrientes de entrada y de salida del producto. La capacidad del destilador es de 400 litros donde se obtiene un total de 90 litros por tres paradas diarias con un grado alcohólico de 75 GL. Se obtuvo un rendimiento de 4.37%; tiempo de operación de tres horas; Costo de producción de producción unitario por cada litro de etanol 1.03 USD/L; Valor agregado 33.05 USD; Consumo de Materia Prima 22.85 kg/h; Consumo de Agua 7.6 L; Consumo de energía 1251273,86 kJ/kg; Vertimiento de residuales líquidos 12.33ltrs/batch

La estudiante Andrea Stefany Piedra Lascano ha mostrado durante el desarrollo de la investigación una elevada dedicación y un alto grado de independencia, sirviendo como guía de los principales elementos a desarrollar en la investigación.

Se destacó la actividad curricular por su rendimiento académico, mostrado durante la investigación interés, motivación en el mismo, lo cual condujo a culminar de forma exitosa el trabajo, cumpliendo con las 400 horas establecidas en el Reglamento de Régimen Académico de la UEA.

La presentación final del trabajo cumple con las normas establecidas en la reglamentación institucional.

La redacción, ortografía, calidad de los gráficos, tablas y anexos es adecuada.

Sin otro particular.

Atentamente,

Amaury Pérez Martínez

CI. 175715076-6

Víctor Cerda Mejía

CI. 180285002-2

AGRADECIMIENTO

Empezar agradeciendo a nuestro creador por guiarme por el camino del bien, por darme sabiduría y fuerzas para seguir adelante en cada uno de mis logros.

A mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida, por brindarme siempre su apoyo incondicional y ayudarme a cumplir cada uno mis sueños, mami a ti por nunca dejarme sola y siempre darme palabras de aliento para seguir adelante además de ser mi amiga mi compañera y sobre todo mi madre que nunca me abandona ni me deja sola.

A mi hermana Sandra por ser mi ejemplo en la vida, a ti Katherine porque a pesar de la distancia siempre nos hemos ayudado las adoro mucho.

A mi sobrina Alysson por ser mi pequeña inspiración y mi fuerza, gracias por alegrarme cada día de mi vida, a usted abuelita Tere gracias por sus oraciones.

A ti David, porque a pesar de todas las dificultades siempre has sido mi apoyo y quien me impulsaba a seguir adelante, mi amigo, mi compañero, eres tu amor.

A mis docentes durante todos los años desde que inicié mi vida universitaria me impartieron sus conocimientos y me enseñaron a querer esta carrera, Karina, Marianela, Paulina, Andreas, Jessica. Gracias a mis tutores por su paciencia y por ser mis guías en esta investigación, gracias por ayudarme a alcanzar mi meta.

Gracias a mis amigas Vivis, Angi, Shirley por brindarme siempre su apoyo y por siempre estar junto a mí en las buenas y en las malas, sé que nunca me dejaron sola.

Gracias a todos quienes forman parte de la Universidad Estatal Amazónica, en especial a los que conforman la facultad de Ciencias de la Tierra, porque aprendí que cuando uno se cae hay que aprender a levantarse, me llevo los más bellos recuerdos.

Gracias de corazón

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y permitirme alcanzar mis metas, por llenarme de bendiciones y fortalezas para afrontar cada uno de los tropiezos que me ha dado la vida y ser el dueño de mi vida.

A mis padres por su gran amor hacia nosotras sus hijas, porque luchan día a día por darnos lo mejor y educarnos de la mejor manera para seguir adelante, por enseñarme valores que hoy en día me hacen una gran persona, debido a sus enseñanzas, su humildad y su amor de padres los amo.

A mis hermanas Sandra y Katherine por su paciencia su apoyo y su cariño incondicional y a mi pequeña sobrina Alysson por ser mi fuerza y mi fortaleza.

A mi abuelita Tere por siempre encomendarme a Dios y a la Virgencita de la Merced, gracias por sus oraciones.

A ti amor, David porque a pesar de todos los malos ratos, siempre has estado apoyándome en mis estudios y en mi carrera musical para cumplir mis sueños.

A mi familia, amigas que han estado siempre en los buenos y malos momentos, que con sus palabras de aliento me han ayudado a seguir luchando para llegar a la meta.

A mis queridos profes en especial a mis súper tutores Amaury Pérez y Víctor Cerda, por su paciencia, su exigencia, por sus conocimientos impartidos y por ayudarme a escalar esta nueva etapa de la vida de ser profesional.

Para ustedes un DIOS les pague

Andrea Piedra

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar a través de indicadores técnicos, económicos y medio ambientales la etapa de destilación en la destilería Adrianita.

El trabajo se dividió en tres fases. La primera se elaboró el diagrama de flujo de proceso de la destilación en función de la investigación in situ y posteriormente se comparó con lo reportado en la literatura para este proceso. Como segunda fase se recopiló parámetros operacionales Brix°, temperatura y pH de las corrientes de entrada, operación y salida de etanol, así también de su efluente (vinaza) de la etapa de destilación para conocer su comportamiento y su posterior comparación con los establecidos en la literatura. En la tercera se determinaron de los indicadores técnicos (rendimiento, capacidad del destilador, tiempo de operación), económicos (costo de producción, valor agregado) y medioambientales (consumo de materia prima, consumo de agua, energía y vertimiento de residuales líquidos) para las condiciones de la destilería.

Se observó que existen diferencias entre la torre de destilación instalada en la destilería Adrianita y lo que se reporta en la literatura en cuanto al esquema tecnológico, diseño detallado (presencia de platos), operación y control del proceso. Además se determinaron los indicadores técnicos ($R=4.37\%$; $V=400.2L$; $top= 3h$), económicos ($CU=1.03USD/L$; $VA=33.05USD$) y medioambientales ($ICMP=22.85kg/h$; $agua=7.6L$; $energía=251273.86kJ/kg$; $cantidad\ de\ emisiones\ liquidas= 12.33batch$) cuyos valores permitieron determinar que la destiladora está por debajo de su capacidad nominal, existe uso insuficiente del tiempo de operación, no se controla la temperatura de operación y las cantidades de vinazas son altas debido al bajo contenido de alcohol del mosto que entra al equipo.

Palabras claves: indicadores, parámetros, caña de azúcar, destilación.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The objective of this research project was to evaluate the distillation stage in the Adrianita distillery through technical, economic and environmental indicators.

The work was divided into three phases. The first one elaborated the process flow diagram of the distillation based on the in situ research and later it was compared with what was reported in the literature for this process. As a second phase Brix ° operational parameters, temperature and pH of the inlet, operation and exit of ethanol streams, as well as its effluent (vinasse) from the distillation stage were collected to know its behavior and its subsequent comparison with those established in Literature. In the third, the technical indicators (performance, distiller capacity, time of operation), economic (production cost, added value) and environmental indicators (consumption of raw material, water consumption, energy and liquid waste dumping) were determined for the conditions of the distillery.

It was observed that there are differences between the distillation tower installed in the Adrianita distillery and what is reported in the literature regarding the technological scheme, detailed design (presence of dishes), operation and control of the process. In addition, the technical indicators were determined ($R = 4.37\%$, $V = 400.2L$, $top = 3h$), economic ($CU = 1.03USD / L$, $VA = 33.05USD$) and environmental ($ICMP = 22.85kg / h$; $water = 7.6L$, $energy = 251273.86kJ / kg$, $amount\ of\ liquid\ emissions = 12.33batch$) whose values allowed to determine that the distiller is below its nominal capacity, there is insufficient use of the operating time, the operating temperature is not controlled and the amounts of vinasse are high due to the low alcohol content of the must entering the equipment.

Key words: indicators, parameters, sugar cane, distillation.

Fuerte es el que no se da por vencido en sus sueños a pesar de tantas dificultades en el camino porque “No importa cuántas veces te equivocas o con que lentitud progresas, sigues estando muy por delante de los que ni lo intentan”

Anthony Robbins

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.4. OBJETIVO GENERAL	4
1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
CAPÍTULO II.....	5
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1. ANTECEDENTES	5
2.1.1. SITUACIÓN EN LA REGIÓN AMAZÓNICA.	5
2.2. BASES TEÓRICAS	6
2.2.1. TECNOLOGÍAS PARA LA DESTILACIÓN DE FORMA INDUSTRIAL Y ARTESANAL.	6
2.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA ETAPA DE DESTILACIÓN.	7
2.2.3. DESTILACIÓN.....	7
2.2.4. PARÁMETROS OPERACIONALES DE LA TORRE DE DESTILACIÓN... ..	12
2.2.5. TIPOS DE TABULADORES	12
2.2.6. INDICADORES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTAL.....	13
CAPÍTULO III.....	14
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	14
3.1. LOCALIZACIÓN	14
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	14
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	14
3.3.1. MÉTODO DE SÍNTESIS, COMPARATIVO Y TRABAJO DE CAMPO.....	14
3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
3.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA DESTILACIÓN	16
3.4.2. DESCRIPCIÓN DEL FLUJO TECNOLÓGICO DE LA OBTENCIÓN DE ETANOL	16
3.4.3. RECOPIACIÓN DE LOS PARAMETROS OPERACIONALES	16
3.4.5. DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES.....	17
CAPÍTULO IV.....	19

4. RESULTADOS ESPERADOS	19
4.1. DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO DE DESTILACIÓN	19
4.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA DESTILACIÓN DE ETANOL	20
4.3. DESCRIPCIÓN DEL DESTILADOR	22
4.4. RECOPIACIÓN DE LOS PARÁMETROS OPERACIONALES	23
4.5. DETERMINACIÓN DE INDICADORES	23
4.5.1. Indicadores Técnicos	23
4.5.2. Indicadores Económicos	24
4.5.3. Indicadores Medioambientales	24
CAPÍTULO V.	26
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	26
CAPÍTULO VI	27
BIBLIOGRAFÍA	27
CAPÍTULO VII.....	30
ANEXOS	30

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Destilación simple	8
Figura 2. Representación esquemática de una columna de rectificación convencional..	8
Figura 3. Sistema de destilación azeotrópica homogénea	9
Figura 4. Modelo de una columna de destilación binaria	9
Figura 5. Esquema de la columna de destilación discontinua	10
Figura 6. Destilación Continua	10
Figura 7. Plato típico de campanas de barboteo	11
Figura 8. Plato perforado.....	11
Figura 9. Plato de válvulas	12
Figura 10. Metodología aplicada.....	15
Figura 11. Flujo tecnológico.....	19
Figura 12. Diagrama de Flujo de proceso de destilación	20

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos tomados en la etapa de destilación, Fermento 1	30
Anexo 2. Datos tomados en la etapa de destilación, Fermento 2	30
Anexo 3. Costo de Producción (Elaboración propia).....	31
Anexo 4. Estructura de la destilería Adrianita (Elaboración propia)	31
Anexo 5. Curva de temperatura en el proceso de destilación (1er día).....	32
Anexo 6. Curva de Brix° en el proceso de destilación (2er día)	32
Anexo 7. Curva de pH en el proceso de destilación (1er día)	33
Anexo 8. Curva de temperatura en el proceso de destilación (2er día).....	33
Anexo 9. Curva de Brix° en el proceso de destilación (2er día)	34
Anexo 10. Curva de pH en el proceso de destilación (2er día)	34

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCIÓN

El etanol más conocido antiguamente como aguardiente se remonta a muchos siglos antes del descubrimiento y consecuentemente antes de que la colonia fuera reconocida como tal, pues; su historia data por los países al mando de Alejandro Magno, Rey de Macedonia y se expandió por Asia Meridional, sudeste de Europa y el Norte de África. Llegando después de la tercera década del siglo XVI a ser producida en gran escala la caña de azúcar que era cosechada en Brasil (Rodríguez, 2005).

Debido a la ubicación geográfica y al clima de la Provincia de Pastaza, es considerada como apta para el cultivo en menor escala de cacao, naranjilla, papa china, yuca entre otros productos; pero el cultivo de la caña de azúcar, se destaca por su gran extensión, aproximadamente 4.500 Ha según datos de la Asociación de Cañicultores de Pastaza (ASOCAP).

Con el transcurso de los años junto al esfuerzo de promesas políticas y luego del trabajo realizado por las autoridades seccionales, se puede divisar que el propósito de mejorar el sector campesino, es tratar de sectorizar la producción agropecuaria en la provincia de Pastaza, dando incentivos de capacitación y asistencia técnica a los diversos grupos de agricultores dedicados a distintas faenas en el campo, sean éstos en el área, ganadera, piscícola y agrícola, de la misma forma se puede percibir también que a las plantaciones de caña de azúcar ubicadas en los sectores de: Las Américas, parroquia Tarqui y el sector de la Primavera le dan un valor agregado, tratándole como fruta pelada con sus respectivos jugos (guarapo), cuyo destino es la comercialización dentro y fuera de la Provincia, pero su utilización apunta principalmente al turismo. Por otro lado, una gran cantidad de cultivos de caña se destinan a las 23 destilerías que elaboran etanol, una de ellas es la destilería Adrianita del sector de la primavera, vía a la Shell (GADPPz, 2012).

Para extraer el etanol utilizan sus propias destilerías y para conseguirlo poseen sus plantaciones con algunas variedades que les denominan con nombres comunes como: caña Limeña, comercializada principalmente en los mercados como fruta, además de otras variedades de caña como cubana, Pauteña, Puerto Rico, morada etc. Y la destilación se da por el contacto entre los vapores que ascienden con el líquido condensado que desciende,

por la utilización de diferentes “platos” (placas o picos) fenómeno al cual se le denomina rectificación. Esto facilita el intercambio de calor entre los vapores (que ceden) y los líquidos con menor (que reciben). Ese intercambio de calor produce también un intercambio de masa, donde los líquidos con menor ebullición se convierten en vapor, y los vapores de sustancias con mayor punto de ebullición pasan al estado líquido. Con esto se logra un destilado de mejor calidad en relación a una concentración mayor en el componente de menor punto de ebullición (Guarnizo Franco & Martínez Yepes, 2009).

Se debe tener en cuenta que el etanol es el componente fundamental de las bebidas alcohólicas, pero también tiene múltiples usos en otros productos como antiséptico, solvente, limpiador, agente preservante y precipitante, combustible, perfumes, pinturas, barnices y explosivos, disolvente de nitrocelulosa, gomas, jabón y aceites esenciales y como intermedio en síntesis orgánica de diversos compuestos (ácido acético, , acetaldehído, éter, butadieno, etc.) (Díaz de los Ríos, Pérez Bermúdez, & Polo Castro, 2009).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN

La provincia de Pastaza pertenece a la Región Amazónica en donde se hallan ubicados cultivos de caña que son aprovechados en la elaboración de panela también como fruta y una parte va las destilerías de la zona, razón de este estudio. Siendo que la extracción de etanol constituye una actividad económicamente activa y laboral tanto para el productor como para la mano de obra utilizada, se vislumbra problemas de índole técnico, porque se carece de tecnología apropiada para evitar el desperdicio en la extracción del etanol, otro problema que es muy importante, es la necesidad de contar con medidores de parámetros operacionales tales como temperatura de entrada, de operación y de salida de la misma; debiéndose al desconocimiento y a la falta de capacitación por no haber programas que vayan a mejorar este aprendizaje; añadiéndose a estos el problema medio ambiental que provocan las vinazas desechadas de la destilación, pues no hay un tratamiento adecuado para las mismas.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En Pastaza se puede identificar a los cultivos de caña de azúcar entre 3.200 a 3.500 hectáreas, destinadas en un 45% a la fabricación de alcohol crudo, cubriéndola con la presencia de 23 destilerías; 25% se dedica a la fabricación de panela y sus derivados,

distribuida en 78 fábricas paneleras; por último el 30% restante, esencialmente es caña limeña que se distribuye como fruta natural y consumida por los turistas además de ser comercializada dentro y fuera de la provincia (GADPPz, 2012).

Como una de fuente de trabajo y procurando dar un verdadero valor agregado a los cultivos propios de caña de azúcar; la mayor cantidad de destilerías se encuentran en la parroquia Teniente Hugo Ortiz y concomitantemente en la vía puyo Shell sector la Primavera se halla la destilería Adrianita, en cuyas instalaciones se producen etanol con evidentes deficiencias que provocan pérdidas económicas, al no utilizar el 100% del jugo de la caña así como también provoca un grave impacto ambiental por el destino inadecuado de la vinaza. Ya que se debe entender que, por cada 50 litros de etanol, con un grado alcohólico de 75° a una temperatura de 22°C, se necesita 600 ltrs de jugo de caña (Mosto). La energía utilizada para el proceso es vapor de agua obtenido de un generador de vapor (caldero) cuya combustión es provocada por leña seca (combustible sólido); ayudados por el bagazo (Flores, 2012).

Es necesario conocer que el residuo remanente conocido como vinaza; es la combinación de líquidos del fondo de la columna de destilación mezclados con carbohidratos que no están fermentados, levaduras muertas, sales minerales y otros; en donde se puede encontrar proporciones aproximadas de 12-15 litros/litro de etanol (Finguerut 2002). Esta vinaza es muy contaminante, con una DQO (Demanda Química de Oxígeno) entre 80,000-105,000 mg/l, un pH entre 4-5, y una temperatura entre 82-88°C. La vinaza contiene 90% de agua y 10% de sólidos, de estos sólidos, el 95% son sólidos solubles y el 5% están en suspensión. De acuerdo con (Ferreira y Montenegro 1987), esta proporción puede variar entre 10:1 y 15:1; pero, recientemente se han desarrollado cambios en el proceso de fabricación de alcohol para obtener vinaza más concentrada.

Según (Otiniano, 2012) en la destilación se recupera el componente más volátil de una mezcla alimentada con un alto grado de pureza, dejando a los componentes más pesados en el rehervido. Prefiriendo la destilación *batch* o discontinua.

En cuanto a la principal técnica para obtener el etanol es la reconocida destilación que sirve para la separación de mezclas con dos o más componentes, distinguiéndose algunas destilaciones como: La destilación simple (objeto del presente estudio); destilación fraccionada, que sirve para alcohol y agua o también oxígeno y nitrógeno del aire; destilación por vapor, utilizada en líquidos insolubles; destilación al vacío, que purifica

vitaminas y productos inestables; destilación azeotrópica, entre otras. Con estas referencias se entiende que en la destilería Adrianita del sector la Primavera se maneja una destilación artesanal simple y por ende hay un manejo de recursos que pueden optimizarse para mejorar el aprovechamiento de la materia prima.

En lo que se refiere a la rentabilidad, se puede apreciar que, al utilizar métodos artesanales en la obtención de bebidas alcohólicas, no se llega a cumplir con un esmerado y necesario seguimiento de los resultados, porque carecen de algún sistema de control o se desconoce algún mecanismo de seleccionar los grados de alcohol después de cada “parada”, provocando baja producción, disminución de volumen y calidad de alcohol. Añadiéndose a éstas pérdidas la cantidad que se desecha en vinaza y bagazo.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La baja producción de etanol en el proceso de destilación simple en la destilería Adrianita.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar a través de indicadores técnicos, económicos y medioambientales la etapa de destilación en la destilería Adrianita.

1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Caracterizar el proceso de destilación para la obtención de etanol en la destilería Adrianita.
2. Determinar los indicadores técnicos, económicos y medioambientales de la etapa de destilación.

CAPÍTULO II.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. ANTECEDENTES

La destilación es un proceso físico que ayuda a la separación del etanol de los demás componentes (agua) mediante un proceso de vaporización y condensación, aprovechando las diferentes temperaturas del punto de ebullición.

2.1.1. SITUACIÓN EN LA REGIÓN AMAZÓNICA.

En la región amazónica existe una producción de caña de alrededor de 8.272 Has, la misma que se encuentra destinada a la producción de diferentes derivados como panela, miel de caña, alcohol; así como también a la comercialización de la caña como fruta que está distribuida dentro y fuera de la región amazónica misma que va dirigida exclusivamente al turismo. En la provincia de Pastaza existen 23 fábricas para la producción de etanol o aguardiente, el aguardiente es regulado a 60°GL o grados alcohólicos para su comercialización, con un costo de \$1,50 a \$2,0 dólares por litro, precio de venta al público y como combustible con un costo de \$0,60 centavos de dólar. (GADPPz, 2012).

Según (Mulet, 2012) indica que en la actualidad todavía se encuentra una carencia de automatización en la etapa de destilación debido a que existe una agotada productividad en el proceso, dicha autora ha realizado un levantamiento de su situación operacional actual para poder transformar su instrumentación y forma de control de manera automática es por ello que define las variables del sistema de control de la etapa de destilación misma que demuestra así la factibilidad de la solución propuesta. El resultado de aquella investigación es la presentación de una propuesta de automatización, misma que consta de una estructura de algoritmo de control para dicho proceso considerando los requerimientos, medios técnicos, variables que deben ser observadas y procesadas, así también los elementos de acción final.

(Saura, García, Otero, & Martínez, 2009) mencionan que dentro de las potencialidades de producción de etanol los azúcares reductores totales y sacarosa son los mejores componentes para la obtención de etanol de calidad mismos que determinaron por lotes en un lapso de tres meses de producción, evaluando el comportamiento cinético de dos cepas

de levaduras en la etapa de propagación, fermentación y destilación alcohólica a escala industrial.

Según (Otero, Saura, J., García, & Bello, 2010) indican que el uso de diferentes tipos de jugos en la etapa de fermentación y el empleo de levaduras de mayor especificidad productiva, ayudó al incremento significativo de la eficiencia de producción sin altas inversiones en la destilería. En la etapa de destilación las vinazas presentaron una carga orgánica de 30–40% menores que sus homologas de melaza.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. TECNOLOGÍAS PARA LA DESTILACIÓN DE FORMA INDUSTRIAL Y ARTESANAL.

La humanidad sigue rompiendo murallas que permiten avanzar con la ciencia y la tecnología, porque con esto podemos diferenciar que en pleno siglo XXI la industrialización permite el desarrollo y mejoramiento económico de los pobladores y por ende de los países en el que habitan. Con esta premisa, se debe considerar a la aplicación de técnicas en el procesamiento de destilación convencional, para que ésta condición de operación que necesariamente se requiere, presente garantías para obtener un alcohol etílico de calidad, libre de impurezas con la utilización de tamices moleculares para los procesos de destilación y deshidratación (Velásquez & López, 2015).

En el campo netamente industrial, partiremos que, para la obtención de etanol a partir de la caña de azúcar, se puede resumir como: Después de moler la caña hasta obtener el jugo, el agua dulce o también llamado jugo de caña produce una fermentación concentrada de dicho jugo, proceso donde los azúcares contenidos en los jugos y las mieles de los cultivos se transforman en alcohol con la ayuda de levaduras que se introducen en dicho proceso. (Figuroa de la Vega, 2008), Después que el alcohol fermentado pasa a las columnas de destilación, se produce un proceso de evaporación, esto permite que se separen los diferentes compuestos como son el alcohol puro y la vinaza, la misma que es rica en materia orgánica, potasio y también utilizada como fertilizante orgánico. La etapa final es la denominada deshidratación el mismo que retira el agua del alcohol y se obtiene etanol o alcohol anhidrido.

En la tecnología aplicada de manera artesanal se considera que el equipamiento y las instalaciones para la destilación de etanol son necesarios los alambiques, además la utilización de cañones de escopetas para la condensación de los gases, la utilización de estos medios tuvo un efecto social debido a que reconoció el trabajo de los campesinos (Mayorga, 2014). Hoy en día en la provincia de Pastaza se utiliza destiladores de acero inoxidable, en la parte superior contienen cañones de cobre para su pureza (Kubes Robalino & Tafur Moreno, 2015).

2.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA ETAPA DE DESTILACIÓN.

Según menciona (H. Vázquez & Dacosta, 2007) la destilación, parte de la separación de dos líquidos miscibles, utilizando procesos de ebullición para la separación de líquidos. Al separar una mezcla de varios componentes se aprovecha sus distintas volatilidades, o bien se separa los materiales volátiles de los no volátiles. Cuando se opera en proceso discontinuo, el tiempo de fermentación aumenta, debido a la necesidad de producir levadura de las melazas, sin embargo; se logra obtener una concentración de etanol mayor. Al producirse la evaporación y el secado, normalmente se obtiene el componente menos volátil; el componente más volátil, casi siempre agua, se desecha. Sin embargo, la finalidad principal de la destilación es obtener el componente más volátil en forma pura. Cuando se fermenta la melaza de caña de azúcar se obtiene el mosto fermentado, el cual tiene una gran riqueza alcohólica, principalmente Etanol, al que se lo extrae mediante varias etapas de destilación. (C. Vázquez et al., 2006) indica que en la etapa de fermentación se producen cambios químicos en un substrato orgánico, ya sean hidratos de carbono, proteínas, entre otros. Por la acción de catalizadores bioquímicos conocidos como enzimas que son elaborados por tipos especiales de microorganismos vivos, hongos, en particular el hongo *Sacharomicies Servericiae* conocida normalmente como levadura de cerveza.

2.2.3. DESTILACIÓN

2.2.3.1. TIPOS DE DESTILACIÓN.

Se considera que existen diferentes formas de destilación como: destilación simple, destilación azeotrópica, destilación con rectificación; según el tipo de mezcla se dividen en: destilación binaria y según la secuencia destilación *batch* o discontinua y destilación continua.

DESTILACIÓN SIMPLE.

La destilación simple es un proceso de ebullición y condensación que ayuda a separar sustancias normalmente miscibles y con temperaturas diferentes a la del punto de ebullición en solución líquida además de ser un sistema cerrado (figura 1). Este tipo de destilación está compuesta con una fuente de calor, un destilador con el fermento a destilar, un condensador refrigerado por agua y un recipiente recolector del producto destilado (Ibarz & Barbosa, 2005).

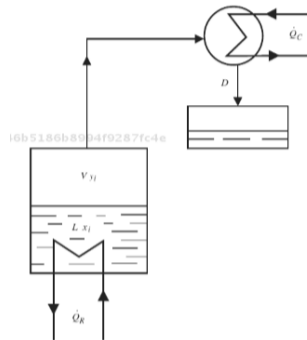


Figura 1. Destilación simple

Fuente: (Ibarz & Barbosa, 2005)

DESTILACIÓN CON RECTIFICACIÓN.

La destilación con rectificación es una de las más empleada de manera práctica debido a que es una destilación con enriquecimiento de vapor que además ayuda a separar los líquidos volátiles dentro de una industria para la obtención de etanol, debido a su factibilidad con la que se consigue el enriquecimiento progresivo del vapor y del líquido en los componentes respectivos. Este tipo de destilación se lleva a cabo en columnas rectificadoras como se visualiza en la figura 2 una representación esquemática de una columna de rectificación convencional (Íñiguez, 2010).

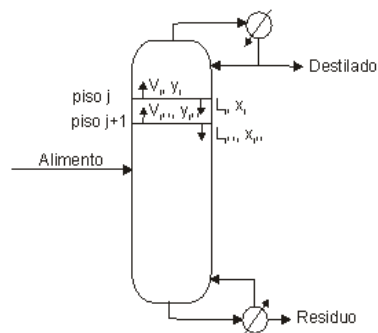


Figura 2. Representación esquemática de una columna de rectificación convencional

Fuente:(Heramosa, 2017)

DESTILACIÓN AZEOTRÓPICA

La destilación azeotrópica como se visualiza en la figura 3 es la mezcla de agua y etanol; no obstante, esta técnica que ayuda a purificar el alcohol a un 95%. Dicha técnica permite un mayor contacto entre los vapores ascendentes, junto con el líquido condensado que desciende esto se produce por la utilización de diferentes platos; esto ayuda a facilitar el intercambio de calor entre los vapores que ceden y líquidos que reciben (Uyazán, Aguilar, Rodríguez, & Caicedo, 2002).

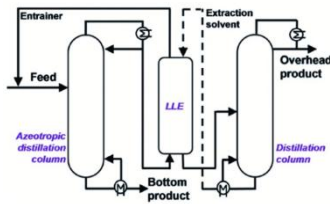


Figura 3. Sistema de destilación azeotrópica homogénea

Fuente:(Uyazán, Gil, Aguilar, Rodriguez, & Caicedo, 2004)

2.2.3.2. SEGÚN EL TIPO DE MEZCLA. DESTILACIÓN BINARIA.

La destilación binaria consta de una columna de destilación que consta de una serie de platos además de varios dispositivos como un intercambiador de calor, un condensador y una válvula mismos que se encargan de realizar la separación de diferentes componentes y el retorno del fluido a la columna para la formación de dos fases líquido vapor mantenidas en contacto para que de esta manera se circulen los componentes de forma que al separarlas se consigan dos fracciones de distintas composiciones (Caiza, Sandoval, & Quintero, 2002).

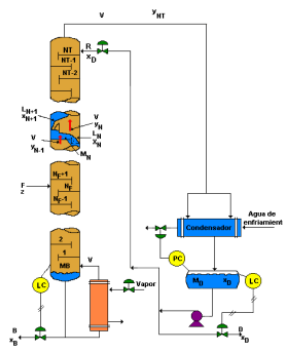


Figura 4. Modelo de una columna de destilación binaria

Fuente: (Caiza et al., 2002)

2.2.3.3. SEGÚN LA SECUENCIA. DESTILACIÓN BATCH.

La destilación batch o también conocida como destilación por lotes o discontinua, es un proceso que ayuda a la separación de una cantidad específica de una mezcla líquida, este es un proceso que se utiliza en pequeñas industrias para la obtención de diferentes productos (etanol); en el que el mismo destilador puede servir para muchas mezclas cuando exista una gran cantidad de componentes en el material de alimentación, es suficiente el trabajo con una sola columna por lote como se muestra en la figura 5 (C. Vázquez et al., 2006).

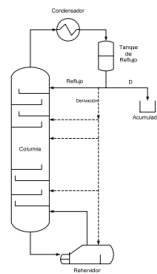


Figura 5. Esquema de la columna de destilación discontinua

Fuente: (Loría et al., 2006)

DESTILACIÓN CONTINUA.

Se conoce como destilación continua al proceso ininterrumpido donde se verifica la producción de un flujo continuo, considerando que el líquido o el material que va a ser destilado puede ser cargado continuamente o una sola vez sin interrumpir la recogida del destilador el momento de realizar el proceso de destilación el destilador necesita ser llenado continuamente con la materia prima que se pretende destilar, sin interrumpir la recogida del producto destilado (Duque, Guerrero, Pedraza, & Rico, 2005).

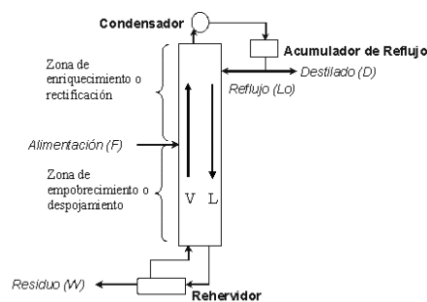


Figura 6. Destilación Continua

Fuente:(Otiniano, 2006)

2.2.3.4. TIPOS DE PLATOS.

PLATOS DE CAMPANA DE BARBOTEO.

En la figura 7 se representa un plato de barboteo típico, el mismo que consta de un tubo ascendente sujeto al plato; se considera que la mayor parte de la campana tiene ranuras de 1,5 a 5 mm la misma que ayudara a minimizar las pérdidas de fricción en la campana. El propósito de insertar este tipo de platos a una torre de destilación es el de conseguir un íntimo contacto entre el vapor y el líquido (Coulson & Richardson, 2003).

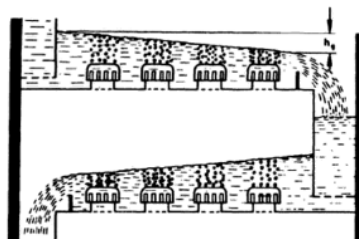


Figura 7. Plato típico de campanas de barboteo

Fuente: (Coulson & Richardson, 2003)

PLATOS PERFORADOS.

Según (Coulson & Richardson, 2003) consideran que los platos perforados tienen placas con orificios, circulando el líquido con flujo cruzado o través del plato. En la figura 8 se muestra la forma general del flujo sobre un plato perforado, pudiendo verse que el plato forma un sistema típico de flujo cruzado más complejo, ocupando las perforaciones el puesto de las campanas de barboteo. En los platos perforados, la velocidad del vapor a través de los agujeros no debe ser inferior a un cierto valor mínimo para evitar que la corriente líquida descienda, goteando a través de los agujeros.

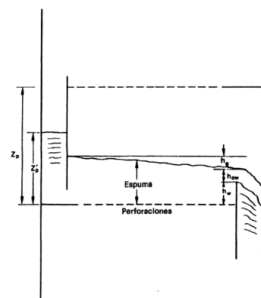


Figura 8. Plato perforado

Fuente: (Coulson & Richardson, 2003)

PLATOS DE VÁLVULAS.

Considerado como intermedio entre los platos de campanas y el perforado, los platos de válvulas están constituidos por discos metálicos de 38mm de diámetro aproximadamente cubiertos por tapaderas móviles que se eleva cuando el flujo de vapor aumenta, como se muestra en la figura 9. Los platos de válvulas tienen una característica importante la misma que las constituyen sus válvulas, parecidas a unas campanas, pero con la posibilidad de experimentar un cierto desplazamiento en sentido vertical; esto ayuda a que actúen como orificios viables, ajustándose automáticamente a los cambios experimentados por el flujo de vapor (Coulson & Richardson, 2003).

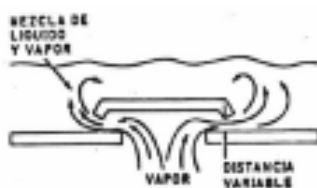


Figura 9. Plato de válvulas

Fuente: (Coulson & Richardson, 2003)

2.2.4. PARAMETROS OPERACIONALES DE LA TORRE DE DESTILACION.

Se considera que la torre de destilación debe tener diversos parámetros operacionales las mismas que constan de presión, flujo de vapor, flujo del líquido, temperatura de fondo, temperatura de cima, nivel de fondo; según lo menciona (Rodríguez & Arevalo, 2010) estos son los parámetros más importantes que se deben considerar.

2.2.5. TIPOS DE TABULADORES

Hoy en día existe una gran variedad de tabuladores electrónicos que son utilizados como herramientas computacionales, cuyo fin es lograr optimizar los procesos que se realicen, existen tabuladores tales como: MSX-Plan, Excel, Symphon, SuperCalc entre otros donde se puede insertar datos además de definir formatos propios de entrada y de salida de información procesada como lo menciona (Suárez, 2007).

El tabulador que se seleccionó para el desarrollo de este proyecto, se eligió por su amplio grado de funciones macros, dar formato a una hoja de cálculo, realización de las ecuaciones

de los indicadores técnicos, económicos y medioambientales y además permitió complementar con medidas de programación visual.

2.2.6. INDICADORES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTAL

Allen and Shonnard (2001) mencionan que los indicadores son herramientas que ayudan a simplificar la complejidad del sistema analizado y a visualizar de una mejor manera, para estudiar con claridad la información de los indicadores. En este proyecto de investigación se utilizaron indicadores tanto cualitativos como cuantitativos referentes a distintas extensiones. En función de los indicadores técnicos, económicos y medioambientales donde se emplearon ecuaciones para cada indicador.

Existen diferentes tipos de indicadores técnicos, económicos y medioambientales como lo cita (Pérez, 2012) dentro de los indicadores técnicos se encuentran: capacidad de la planta, cantidad de materias primas disponibles, tiempo real de operación, rendimiento, capacidad de los equipos y la cantidad de equipos redundantes.

Dentro de los modelos básicos de ingeniería económica se encuentran como indicadores económicos: valor actual neto (VAN), Costo Unitario (CU), Valor agregado (VA), Tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación (PRD) entre otros y por último dentro de los indicadores medioambientales se encuentran: vertimiento de CO₂, consumo de energía, consumo de materias primas, consumo de agua y vertimiento de residuales tanto sólidos, líquidos y gaseosos (Sikdar, 2003).

CAPÍTULO III.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

La presente investigación se realizó en la destilería Adrianita, ubicada en el km 4 ¹/₂ vía a Shell, Ciudad de Puyo, Provincia de Pastaza, Sector la Primavera.

La ciudad de Puyo se encuentra ubicada a una distancia de 100km de la ciudad de Ambato (Provincia de Tungurahua), a 79km de la ciudad de Tena (Provincia de Napo) y a 129km de la ciudad de Macas (Provincia de Morona Santiago) (Millán, Kalauzi, Llerena, Sucoshañay, & Piedra, 2009)

La duración de la investigación tuvo una duración de 400 horas para la obtención de datos, trabajo de campo y realización del proyecto de investigación.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se utilizarán fuentes bibliográficas recopiladas de diferentes publicaciones realizadas, centros de investigaciones, bases de datos de instituciones públicas, entre otros, esto permitirá obtener información de la producción de etanol así también del proceso de destilación del mismo.

La naturaleza del estudio es de vital importancia debido a que es de tipo exploratorio, descriptivo y explicativo; tomando en cuenta que la investigación a realizarse no cuenta con antecedentes de poseer investigaciones realizadas en la provincia de Pastaza. Asimismo, esta investigación puede ser de gran importancia para los productores de etanol porque puede promover e incentivarlos a un mejoramiento del manejo y tratamiento de los materiales utilizados en la destilación, pudiéndose implementar en las diferentes comunidades y ciudades de la amazonia.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. MÉTODO DE SÍNTESIS, COMPARATIVO Y TRABAJO DE CAMPO.

El método de síntesis se empleó a raíz de la recopilación de información selecta de investigaciones, experimentos, tesis entre otros; que fueron estudiados por diferentes autores y que previamente a una lectura minuciosa se llegó a establecer el análisis de

puntos de interés, que ayudarán como guía para la realización del presente proyecto de investigación y desarrollo.

Con el método comparativo se logra manejar el conocimiento de estudios profundos que contienen información similar al proyecto de investigación, logrando llegar a identificar procesos que difieren en algunos aspectos. Este método contribuye a identificar por qué los casos son diferentes, descubriendo detenidamente el desarrollo de una estructura general que permitió tal variación; además la comparación en sí de un proyecto busca la forma de explicar las actitudes y el conocimiento tácito de descubrimientos, teorías o experimentaciones que se puede utilizar como complemento a otros métodos.

En el método de trabajo de campo se puede encaminar exclusivamente en la Provincia de Pastaza, Cantón Pastaza sector la primavera, que se considera el punto de partida de esta investigación cuya validez se contrasta a lo largo de la investigación de este proyecto. Una vez concluido el diseño del trabajo de campo se puede incrementar, convalidar y estructurar los procedimientos que permitieron realizar todas las observaciones necesarias y la recolección de datos para la investigación.

El propósito de este estudio se dividió en objetivos específicos que, en determinada parte del cuerpo de la investigación, ayudará a la recopilación de resultados obtenidos de investigaciones ejecutadas para la obtención de etanol en la etapa de destilación.

3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el cumplimiento de este proyecto de investigación se plantearon objetivos mismos que puedan ser ejecutados de la siguiente manera.

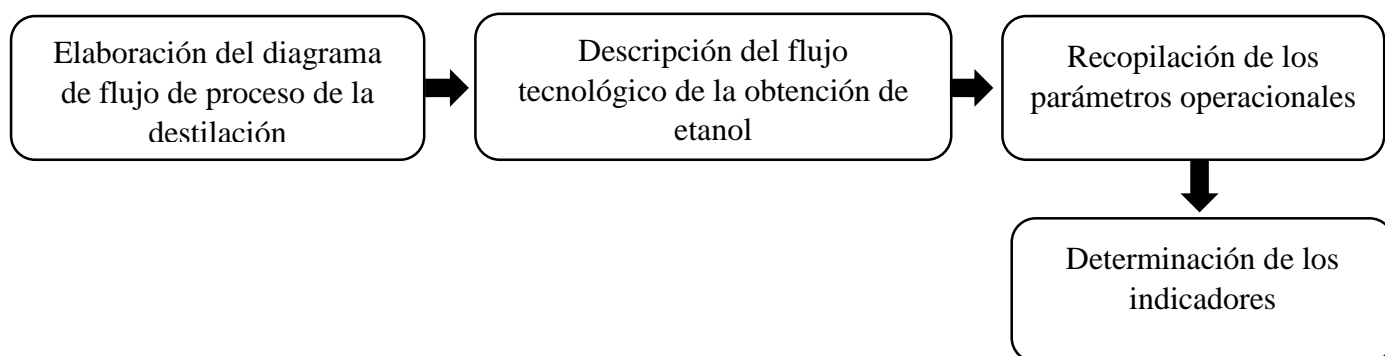


Figura 10. Metodología aplicada

Fuente: Elaboración Propia

3.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA DESTILACIÓN

Para la construcción del diagrama de flujo de proceso se realizó la recopilación de información de diferentes autores que ayudaron al entendimiento de la etapa de destilación y los parámetros operacionales que se deben tomar en cuenta dentro del mismo. Una vez analizada la información se procedió a observar la etapa de destilación y la recolección de datos de temperatura, Brix° y pH de entrada del mosto, salida del producto (etanol) y salida de los residuos (vinaza) a más del tiempo y temperatura de operación, datos que fueron necesarios para la construcción del diagrama de flujo de la destilación y la descripción del mismo.

3.4.2. DESCRIPCIÓN DEL FLUJO TECNOLÓGICO DE LA OBTENCIÓN DE ETANOL

Para la descripción del flujo de proceso se realizó una investigación de información de diferentes autores para la obtención de etanol, al igual que diferentes maneras para obtener el producto (etanol). Una vez conocido el proceso de manera general se procedió a observar el proceso para la obtención de etanol donde se enfatizó en la etapa de destilación, se identificó cada una de las corrientes tanto de entrada como de salida.

3.4.3. RECOPILOCIÓN DE LOS PARAMETROS OPERACIONALES

Para medir los parámetros de operación de temperatura de operación, temperatura de la corriente de entrada y salida, se utilizó la metodología planteada por (Sánchez, 2006) donde se empleó un termómetro infrarrojo pirómetro digital laser marca ruhlmann.

Para la medición de Brix° de la corriente tanto de entrada como de salida del producto y de residuos se empleó la metodología planteada por (Cazorla, Vayreda, & Romero, 2005) donde se utilizó un refractómetro marca Atago serie HSR-500.

Por último, para la medición de pH se manejó la metodología planteada por (Rojas & Trujillo, 2012). Se empleó un peachimetro marca Apera serie PC 60

Para la medición de los grados de etanol se utilizó la metodología empleada por (INEN 340, 2014). Se manipuló un densímetro marca MarienFeld serie LMAE 001.

3.4.5. DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES

3.4.5.1. Indicadores técnicos

Se consideraron como indicadores técnicos: rendimiento, capacidad del destilador y tiempo de operación; es por ello que (Pérez, 2012) cita las ecuaciones matemáticas para la determinación de los indicadores técnicos.

Rendimiento

Para el cálculo del rendimiento se emplea el siguiente calculo

$$R = \frac{\text{kg de Etanol}}{\text{kg de Caña}} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

R (rendimiento)

Capacidad del destilador

Para poder conocer la capacidad del destilador se aplicó la ecuación $V = \pi * r^2 * h$ Ec. 2

Donde:

V (volumen), π (pi), r^2 (radio al cuadrado), h (altura)

Tiempo de Operación

El tiempo de operación se obtuvo aplicando la ecuación de una operación discontinua es la siguiente expresión:

$$\text{top} = \text{topsp} + \text{tp} + \text{tmp} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

top (tiempo de operación de la planta sin parada, h), topsp (tiempo de operación de la planta sin parada, h), tp (tiempo por paradas), tmp (tiempo por mantenimiento planificado, h)

3.4.5.2. Indicadores económicos

Los indicadores económicos tomados en cuenta son el costo unitario y el valor agregado según lo indica (Pérez, 2012)

Costo unitario

La fórmula para calcular el costo unitario es la siguiente:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo de producción}}{\text{Cantidad producida}} \quad \text{Ec. 4}$$

Valor Agregado

Para determinar el valor agregado es el siguiente:

$$VA = \text{Ingresos} - (\text{Costos de materias primas} + \text{utilidades auxiliares}) \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

VA (valor agregado, \$)

3.4.5.3. Indicadores medioambientales

Pérez, Gonzalez, Oquendo, and Galindo (2011) indican los indicadores medioambientales mismos que se tomó en cuenta para la elaboración de este proyecto: Costo de materias primas, agua, energía y vertimiento de residuales líquidos.

Consumo de materias primas

$$ICMP = \frac{\sum(M)}{P} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

ICMP (indicador de consumo de materia prima por unidad de producto terminado), M (kg/h, materia prima consumida), P (kg/h, Cantidad de producto)

Consumo de Agua y energía

Para el consumo de agua se encontró en función de la producción anual misma que se define como volumen de agua necesaria para una determinada producción de etanol.

$$Agua = \frac{(\sum \text{Agua de limpieza} + \text{Vapor de agua} + \text{Agua de proceso} + \text{agua de enfriamiento})}{\text{Cantidad de producto}} \quad \text{Ec. 7}$$

Para el consumo de energía es importante tomar en cuenta el incremento de la contaminación que se produce por el uso de la misma; es por ello que puede expresarse:

$$\text{Energía} = \text{masa entrada} * CP \text{ mosto} * (\text{Tebullicion} - \text{Tentrada}) + \text{masa etanol} * \lambda \quad \text{Ec. 8}$$

Vertimiento de residuales líquidos

Los residuales líquidos generados dentro de la destilación es un contaminante al medioambiente, por ello que se puede conocer la cantidad de residuales con la siguiente expresión:

$$\text{Cantidad de emisiones líquidas} = \frac{(\sum \text{Cantidad emisiones líquidas})}{\text{Cantidad de producto}} \quad \text{Ec. 9}$$

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS ESPERADOS

4.1. DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO DE DESTILACIÓN

Mediante la recopilación de los datos en la destilería Adrianita se elaboró el siguiente diagrama de flujo tecnológico, detallando cada uno de los procesos que se realizaron para la obtención de etanol como se muestra en la figura 11.

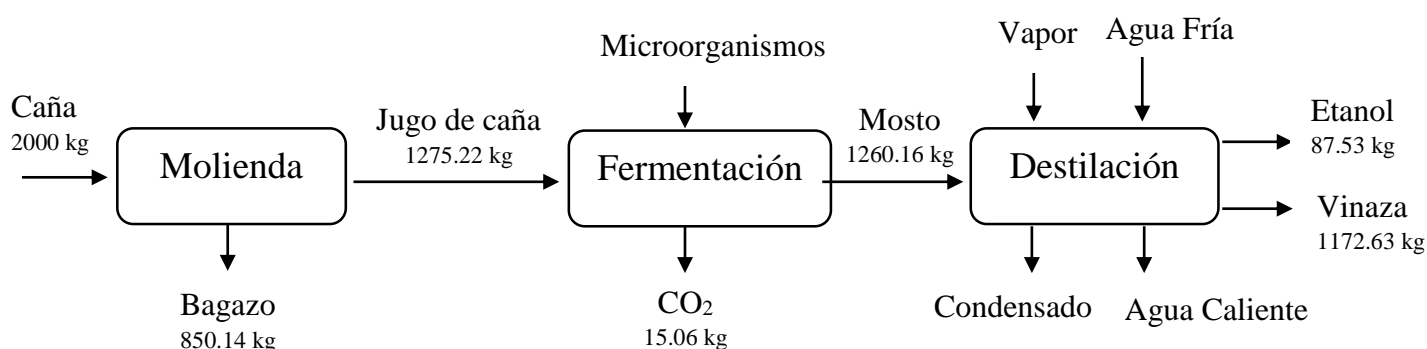


Figura 11. Flujo tecnológico

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE BLOQUE PARA LA OBTENCIÓN DE ETANOL

Para la obtención de etanol a partir de la caña de fruta, está compuesto por tres etapas principales como son: molienda, fermentación y destilación donde el proceso inicia con la molienda de 2000 kg de caña en un trapiche (molino que trabaja por acción de compresión mecánica), obteniendo 1275.22 kg de jugo de caña como producto y 850.14 kg de bagazo como residuo; el jugo de caña obtenido pasa a un proceso de fermentación aerobia donde se generan microorganismos que ayudan a dicho proceso, obteniendo como residuo 15.06 kg de CO₂ y 1260.16 kg de mosto o jugo fermentado mismo que pasa al proceso de destilación donde ingresa vapor y agua fría al destilador en el que emerge condensado y agua caliente, de esta manera se obtiene 87.53 kg como producto final (etanol) y 1172.63 kg de vinaza residuo de este proceso.

El proceso a seguir para la producción de etanol según lo menciona (H. Vázquez & Dacosta, 2007) consta de dos etapas importantes como son fermentación y destilación; en el esquema planteado por dicho autor menciona que la caña de azúcar ingresa a un proceso de lavado y molienda; mientras que en la destilería estudiada no se realiza el debido lavado a la caña. En el proceso antes mencionado se genera bagazo como subproducto; el jugo obtenido en el proceso anterior pasa a un proceso de fermentación donde agregan nutrientes y microorganismos; el mosto obtenido pasa a un proceso de destilación donde se genera etanol y vinazas.

4.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA DESTILACIÓN DE ETANOL

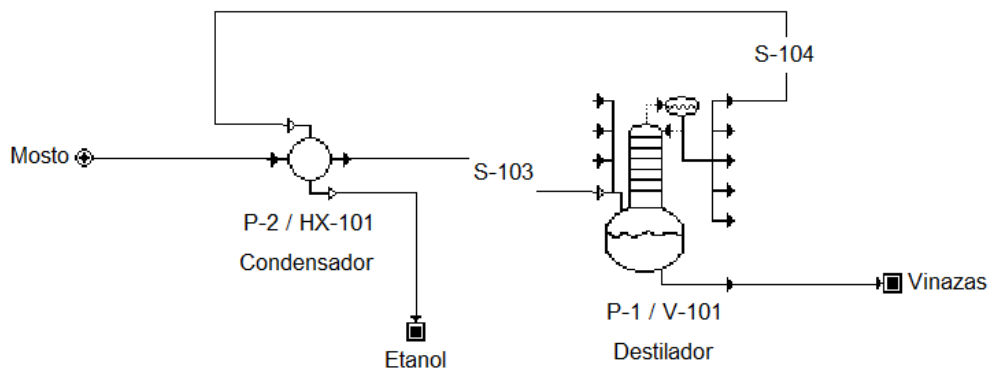


Figura 12. Diagrama de Flujo de proceso de destilación

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE DESTILACIÓN

Para la producción de etanol a partir de la caña como se visualiza en la figura 12 inicia con la recepción de la caña de fruta en la destilería considerando que en la misma se emplea una secuencia por lotes. La caña que llega a la destilería es de diferentes sectores de la provincia de Pastaza como son Tarqui, Nuevo Mundo, Pomona entre otros. La caña es ubicada junto al molino para luego realizar el proceso de molienda donde se obtiene jugo de caña, el jugo obtenido pasa a un proceso de fermentación por el lapso de tres días en fermentadores de cemento cubiertos de roble con una capacidad de 1200 litros en el que se obtiene el jugo fermentado (mosto) inmediatamente el mosto obtenido pasa a un calentador

con capacidad de 400 litros para posteriormente pasar a un proceso de destilación, con un destilador con capacidad de 400 litros, el tiempo de operación es de tres horas por cada parada; el proceso de destilación consistió en calentar el mosto hasta que sus componentes más volátiles pasan a una fase de vapor donde se enfría por medio de un condensador y pasa a un recipiente de acero inoxidable con un grado alcohólico de 75 GL (grados alcohólicos) donde se obtiene aproximadamente 30 litros de etanol por cada 400 litros de mosto y una cantidad de 370 litros de vinazas producidas en el mismo. De esta manera se obtiene el etanol en la destilería Adrianita.

Para la producción de etanol de caña (Vargas & Giraldo, 2015) indican que la caña debe pasar por un proceso de lavado para eliminar las impurezas y de esta manera evitar la contaminación de los jugos azucarados en la fermentación, mientras que en la destilería estudiada no se realiza ningún tipo de lavado a la caña, dicho autor indica que el bagazo generado como subproducto es utilizado para la generación de energía mediante combustión, en la destilería Adrianita el bagazo generado es recolectado por los productores de caña que lo utilizan como abono para las plantaciones del mismo.

Los mismos autores muestran que por cada kilogramo de caña se obtiene 73% de jugos azucarados, donde a estos jugos se debe adicionar nutrientes y sustancias químicas para modificar las condiciones de la fermentación en el que los microorganismos asimilan los azúcares y los transforman en etanol. El mosto pasa por tres etapas de destilación. La primera es la etapa de destilación donde realiza la separación del etanol de las demás sustancias hasta que llega a una concentración de 95% en volumen, donde representa el punto azeotrópico. Luego pasa a una segunda etapa de destilación (rectificación) donde se obtiene un producto 100% puro modificando la temperatura de destilado y la presión. Las vinazas generadas deben ser tratadas antes de ser vertida. Se considera que por cada litro de etanol se obtiene un 9.7 litros de vinaza (Vargas & Giraldo, 2015) .

En la destilería estudiada por cada dos toneladas de caña se obtuvieron 1275.22 kg de jugos azucarados, donde no es adicionado ningún tipo de nutriente ni sustancias químicas al proceso de fermentación; tiene una sola etapa de destilación que llega a una concentración del 0,29% en volumen. Las vinazas son vertidas directamente en un riachuelo ya que no

cuentan con ningún tratamiento, por cada litro de etanol se genera aproximadamente 11.73 litros de vinaza en la destilería estudiada.

4.3. DESCRIPCIÓN DEL DESTILADOR

El tipo de destilación empleada en la destilería Adrianita es una destilación simple debido a que el mosto ingresa a un calentador de acero inoxidable para seguidamente pasar a un proceso de destilación donde el destilador es de acero inoxidable con una capacidad de 400 litros, cuenta con dos platos perforados, una corriente de agua en la parte superior y un tubo de desfogue en el lateral para eliminar los residuos generados (vinaza), este equipo trabaja con energía generada por bagazo y leña, seguidamente pasa por un condensador para de esta manera obtener el producto final (etanol).

Una columna o torre de destilación sencilla, debe contener una tubería con material de relleno en su área interna como lo menciona (Mathewson, 1980), debe existir un filtro para así evitar que el relleno baje a la caldera; además de un termómetro en la parte superior para controlar la temperatura del vapor que ingresa al proceso. Dicho autor indica además que las columnas de destilación sencillas deben tener un espacio de 30.48 cm entre plato; la torre de destilación no funciona correctamente con diámetros mayores a seis pulgadas. Mientras que, en la destilería estudiada, la columna de destilación no contiene ningún tipo de material que contenga relleno, ningún tipo de filtros en este proceso además de no contener un termómetro para la regularidad de la temperatura, el autor menciona que la columna destiladora debe tener platos de acuerdo al tipo de destilación.

Por tanto (Arroyave, Suárez, Ospina, & González, 2004) mencionan que una planta de producción de etanol tradicional, debe contener un evaporador alimentado de energía calórica; mismo que se encuentra en la parte baja de la columna de destilación, para que de esta manera se origine vapor necesario en la columna.

Un destilador debe contar con quemador, cabeza de destilación, termómetro, refrigerante, entrada de agua, salida de agua, fuente de vacío además debe contar con un proceso de rectificación y purificación del etanol para de esta manera obtener un 96% de alcohol según lo indica (Ambuludi, 2014).

4.4. RECOPIACIÓN DE LOS PARAMETROS OPERACIONALES

Por un lapso de dos días y en dos fermentaciones diferentes se recolectaron parámetros operacionales de cada una de las paradas en el proceso de destilación que realizan en la destilería Adrianita, los datos recolectados se muestran en el anexo 1 y 2 donde se visualiza de una manera clara los parámetros de las corrientes de entrada, operación y salida tanto del producto (etanol) como de sus efluentes (vinazas).

Según el análisis químico realizado por (Cholota & Mora, 2010) indican que el etanol en el proceso de destilación debe tener un grado alcohólico de 60 a 65 GL, una acidez entre 29.3 a 61.6 para la obtención de etanol y por ultimo indican que el pH debe encontrarse entre 4.98 a 5.57. (Espinal, Jiménez, Peraza, & Tinetti, 2009) mencionan que el tiempo de operación de un destilador es de 14 horas, y una temperatura de 85°C, mientras que en la destilería estudiada el tiempo de operación del equipo es de tres horas a una temperatura que varía entre 67,9 y 89,5°C. Según (Garrido, Navarro, Díaz de los Ríos, & Pérez, 2010) señalan que las vinazas deben tener una temperatura de 85°C, un pH de 3,78 y 18 °Brix, mientras que en la destilería estudiada las vinazas salen a una temperatura de 87°C en el primer día y el segundo día a una temperatura de 77°C.

4.5. DETERMINACION DE INDICADORES

4.5.1. Indicadores Técnicos

Rendimiento

$$R = \frac{87.53\text{kg}}{2000\text{kg}} \times 100$$

$$R = 4.37\%$$

Con la aplicación de la Ec.1 se determinó que el rendimiento de la destilería estudiada dio un rendimiento de 4.37% es decir que por cada 2000 kg (2 ton) se genera 87.53kg (90 L) de Etanol, mientras que (Rolz & León, 1981) mencionan que el rendimiento del etanol es de 14g por kg de caña.

Capacidad del destilador

$$V = 3.14 \cdot (60)^2 \cdot 35.4$$

$$V = 400161 \text{ cm}^3$$

$$V=400.2 \text{ L}$$

(Duque et al., 2005) Menciona que existen diferentes capacidades de un destilador dependiendo del tipo de destilación sea este continuo o discontinuo. Un destilador discontinuo puede tener una capacidad de 60 hasta 600 litros. Con la Aplicación de la Ec. 2 se obtuvo como resultado que en la destilería estudiada la capacidad del destilador es de 400 L mismo que se encuentra dentro de lo establecido en estudios realizados por diferentes autores.

Tiempo de Operación

$$top = topsp + tp + tnp$$

$$top = 3h$$

El tiempo de operación de un proceso de destilación según lo menciona (Tellez, 2015) es de 14 horas que dura proceso de destilado (600ltrs/14h) con una capacidad de destilador de 600 litros de mosto; mientras que el tiempo de operación según la Ec. 3 es de tres horas por parada dando un total de nueve horas (400ltrs/3h) debido a que en la destilería estudiada realizan tres paradas y con una capacidad de destilador de 400 litros.

4.5.2. Indicadores Económicos

Costo de producción unitario por cada litro

$$CU = \frac{13353 \text{ USD}}{12960 \text{ L}}$$

$$CU = 1.03 \text{ USD/L}$$

Con la aplicación de la Ec. 4 en la destilería estudiada el valor unitario es de 1,03 USD/L como se muestra en el anexo 3.

Valor Agregado

$$VA = 38880 \text{ USD} - (5760 \text{ USD} + 73\text{USD})$$

$$VA = 33.05 \text{ USD}$$

Con la aplicación de la Ec. 5 se obtuvo un valor agregado de 33.05 USD como se muestra en el anexo 3.

4.5.3. Indicadores Medioambientales

Consumo de Materia Prima

$$ICMP = \frac{2000 \text{ kg/h}}{87.53 \text{ kg/h}}$$

$$ICMP = 22.85 \text{ kg/h}$$

Con la aplicación de la Ec. 6 se obtuvo un consumo de materia prima de 22.22 kg/h para la obtención de 90 litros diarios.

Consumo de Agua

$$Agua = \frac{10 \text{ ltrs} + 0 + 0 + 675 \text{ ltrs}}{90}$$

$$Agua = 7.6 \text{ L}$$

El consumo de en la destilería estudiada es de 7.6 L por cada 90 litros de etanol obtenido este dato se obtuvo con la aplicación de la Ec. 7

Consumo de Energía

$$Energía = 1260.16 \text{ kg} * 0.90 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * (78^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) + 0.09 \text{ kg} * 41.46 \text{ kcal/kg}$$

$$Energía = 251273,86 \text{ kJ/kg}$$

Con la aplicación de la Ec. 8 dentro de la destilería estudiada existe un consumo de energía de 251273,86 kJ/kg

Vertimiento de residuales líquidos

$$Cantidad \text{ de emisiones liquidas} = \frac{370 \text{ ltrs}}{30 \text{ ltrs/batch}}$$

$$Cantidad \text{ de emisiones liquidas} = 12.33 \text{ batch}$$

Con la aplicación de la Ec. 9 muestra que existen 12.33 litros de emisiones liquidas por cada 30 litros de etanol; mientras que (Clavijo, Sanabria, & Rodríguez, 2012) mencionan que existe de 9 a 14 litros de emisiones liquidas por cada 50 litros de etanol.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES

1. Existen diferencias entre la torre de destilación instalada en la destilería Adrianita y lo que se reporta en la literatura en cuanto al esquema tecnológico, diseño detallado (presencia de platos), operación y control del proceso.
2. Se determinaron los indicadores técnicos ($R=4.37\%$; $V=400.2L$; $top= 3h$), económicos ($CU=1.03USD/L$; $VA=33.05USD$) y medioambientales ($ICMP=22.85kg/h$; $agua=7.6L$; $energía=251273.86kJ/kg$; cantidad de emisiones liquidas= $12.33batch$) cuyos valores permitieron determinar que la destiladora está por debajo de su capacidad nominal, existe uso insuficiente del tiempo de operación, no se controla la temperatura de operación y las cantidades de vinazas son altas debido al bajo contenido de alcohol del mosto que entra al equipo.

RECOMENDACIONES

1. Que se controlen los parámetros operacionales, de entrada y salida al equipo de destilación para conocer el comportamiento de los mismos y posterior optimización.
2. Que se modifique el equipamiento en función de lo que se recomienda en la literatura (aumentar el número platos de destilación).
3. Que se utilice las vinazas para producir otros productos o se recircule parte al proceso de fermentación para mejorar la eficiencia de esta etapa.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFIA

- Allen, D., & Shonnard, D. (2001). Green Engineering: Environmentally Conscious Design of Chemical Processes and Products *AIChE*, 47(9), 1906-1910.
- Ambuludi, M. (2014). *Implementacion de un destilador simple para la obtencion de etanol a partir del penco azul (Agave americana) para la planta de alimentos del campus Juan Lunardi Paute*. Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca
- Arroyave, D., Suaréz, W., Ospina, C., & González, M. (2004). Análisis energético y exergético de una torre de destilación *Ingeniería Química*, 32.
- Caiza, L., Sandoval, M., & Quintero, O. (2002). Modelo de simulación de una columna de destilación binaria basado en metodos numericos
- Cazorla, J., Vayreda, M., & Romero, R. (2005). Técnicas usuales de análisis en enología *PANREAC*.
- Clavijo, J., Sanabria, I., & Rodríguez, J. (2012). Evaluación energética y ambiental de los usos actuales y prospectivos de la vinaza *Acta Agronómica*, 5, 61-65.
- Coulson, J., & Richardson, J. (2003). *Ingeniería Química Operaciones basicas* (Vol. 2).
- Cholota, L., & Mora, O. (2010). *Diseño, construcción y pruebas de un sistema prototipo para la producción de etanol a partir de papa, zanahoria, remolacha y lacto suero* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
- Díaz de los Ríos, M., Pérez Bermúdez, I., & Polo Castro, G. (2009). Estudio de factibilidad para la instalación de una destilería de etanol en atencingo *Sucromer S.A*, 15-16
- Duque, M., Guerrero, R., Pedraza, L., & Rico, W. (2005). Destilación de una mezcla Etanol-Agua en procesos en continuo y discontinuo *Doctoral dissertation*.
- Espinal, V., Jiménez, R., Peraza, K., & Tinetti, F. (2009). *Diseño, construcción y validación de un equipo de destilación de alcohol etílico* Universidad de el Salvador
- Figuerola de la Vega, F. (2008). "Tablero de Comando" para la promoción de los biocombustibles en Ecuador *Cepal*.
- Flores, J. (2012). *Análisis defactores de riesgo para la disminucion de accidentes laborales en la fábrica artesanal de aguardiente "Puro Puyo" de la ciudad de Puyo* (Ingenieria Industrial en procesos de Automatización), Tecnica de Ambato Ambato
- Plan de desarrollo de la provincia de Pastaza al año 2025. Actualizado 2012, (2012).
- Garrido, N., Navarro, H., Díaz de los Ríos, M., & Pérez, I. (2010). Evaluación de alternativas de producción de levadura forrajera a partir de vinazas mediante simulación con SuperPro Designer *ICIDCA*, 44, 34-40.
- Guarnizo Franco, A., & Martínez Yepes, P. (2009). *Experimentos de Química Orgánica*
- Hermosa, Y. (2017). Destilacion Fraccionada Esquema y Aplicaciones *UMSS*, 1.
- Ibarz, A., & Barbosa, G. (2005). *Operaciones unitarias en la Ingeniería de Alimentos*
- INEN 340. (2014). Bebidas Alcoholicas. Determinación del contenido de alcohol etílico. Método alcoholimétrico (Gay-Lussac). *NTE*, 2, 1-10.
- Íñiguez, J. (2010). Algunas consideraciones teorico-practicas sobre la destilacion intermitente en alambique simple de mostos fermentados, y ordinarios *Ingeniería primero*(17).
- Kubes Robalino, A., & Tafur Moreno, S. (2015). Ordenanza de Actualización año 2015 de la ordenanza que contiene del plan de desarrollo y ordenamiento territorial provincial del Gobierno Autónomo Descentralizado de Pastaza *Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza*.
- Loría, J., Córdova, A., Robles, J., Anguebes, F., G., N., & Elvira, N. (2006). Efecto de la derivación del reflujo en destilación discontinua *Ingeniería Química*, 5(1).

- Mathewson, S. (1980). Equipamiento para la destilación *Journey*.
- Mayorga, M. (2014). La tradición de la producción artesanal de aguardiente en Cauquenes, 1771-1821*. *Rivar*, 1(2).
- Millán, H., Kalauzi, A., Llerena, G., Sucoshañay, J., & Piedra, D. (2009). Meteorological complexity in the Amazonian area of Ecuador: An approach based on dynamical system theory. *ELSEVIER*, 6(3), 278-285.
- Mulet, M. (2012). Automatización de la destilación de alcohol de la UEB destilería de la ronera Santiago de Cuba *Tecnología Química*, 31, 5-11.
- Otero, M., Saura, G., J., M., García, R., & Bello, D. (2010). Experiencias en la producción de etanol a partir de jugos de caña mezclados. Parte II Efecto de la temperatura y la concentración de azúcares. *ICIDCA*, 43.
- Otiniano, M. (2006). Cálculos en destilación continua para sistemas binarios utilizando hoja de cálculo Excel
- Otiniano, M. (2012). Simulación del componente de una mezcla de multicomponentes en la destilación discontinua simple *Ingeniería Química*, 15(2).
- Pérez, A. (2012). *Procedimiento metodológico para el diseño de procesos sostenibles de la agroindustria Cubana* Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Camagüey.
- Pérez, A., Gonzalez, E., Oquendo, H., & Galindo, P. (2011). Criterios para la toma de decisiones en los procesos inversionistas. *Centro Azúcar*, 38(3), 7-13.
- Rodríguez, J. (2005). *La historia de la caña Azúcares, Aguardiente y Ronas en Venezuela* Venezuela Alfadil
- Rodriguez, P., & Arevalo, W. (2010). Manual de Operaciones Refinería Proceso y Componentes *Coinspetrol*.
- Rojas, A., & Trujillo, M. (2012). Medición del pH durante la destilación del licor producto del proceso Caron. Parte (III). *Tecnología Química*, 32(2), 210-222.
- Rolz, C., & León, L. (1981). Producción de Etanol *Enzyme Microb Technol*, 3, 19-23.
- Sánchez, F. (2006). Aplicación del Método de Punto de Burbuja en el Diseño de Columnas de Destilación *Conciencia Tecnológica*, 31, 62-66.
- Saura, G., García, R., Otero, M., & Martínez, J. (2009). Experiencias en la producción de etanol a partir de jugos de caña mezclados. Parte I. Materias primas *ICIDCA*, 43, 42-46.
- Sikdar, S. (2003). Sustainable Development and Sustainability Metrics *ALChE*, 49, 1928-1932.
- Suárez, D. (2007). *Evaluación y simulación de la producción de ácido láctico con Lactobacillus casei ATCC 7469* EAFIT.
- Tellez, D. (2015). Destilación y proceso *Vánagandr*, 25.
- Uyazán, A., Aguilar, I., Rodríguez, J., & Caicedo, L. (2002). Producción de alcohol carburante por destilación azeotrópica homogénea con glicerina *Universidad Nacional de Bogotá*.
- Uyazán, A., Gil, I., Aguilar, J., Rodriguez, G., & Caicedo, L. (2004). Deshidratación del etanol *Imgeniería e investigación*(56).
- Vargas, J., & Giraldo, J. (2015). Modelo de entrenamiento en toma de descisiones relacionadas con gestión de producción y operaciones de un sistema de fabricación de bioetanol. *ITECKNE*, 12(1), 7-16.
- Vázquez, C., Ruiz, C., Arango, D., Caicedo, R., Sánchez, M., Ríos, L., & Restrepo, G. (2006). Producción de etanol absoluto por destilación extractiva combinada con efecto salino *Dyna*, 74(151).
- Vázquez, H., & Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas *Ingeniería, Investigación y tecnología*, 8(4).

Velásquez, Y., & López, J. (2015). Tecnologías de producción de una planta de obtención de etanol a partir de residuos de cosecha (hojas y cogollos) de la caña de azúcar *ae*, 2(1).

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Datos tomados en la etapa de destilación, Fermento 1

Parámetros	Unidades	Parada 1	Parada 2	Parada 3
Litros de Mosto	L	400 ltrs	400 ltrs	400 lts
Temperatura del mosto del fermento	°C	32,6	32,4	32,1
Temperatura del mosto del calentador	°C	50,7	61,7	62,1
Ph		2,81	2,81	2,81
°Brix de entrada		7	7	7
Temperatura vinazas	°C	86,7	86,4	86,6
Litros de vinazas	L	370	372	370
pH Vinazas		2,83	2,81	2,82
°Brix de Salida		5	4	5
Temperatura de salida Etanol	°C	25	25,2	25,3
Litros de Etanol	L	30	28	30
Ph		3,43	3,44	3,43
Grados Alcohólicos	GL	75	75	75
Temperatura de operación	°C	89,5	89,4	88,5
Tiempo por batch	H	3	3	3

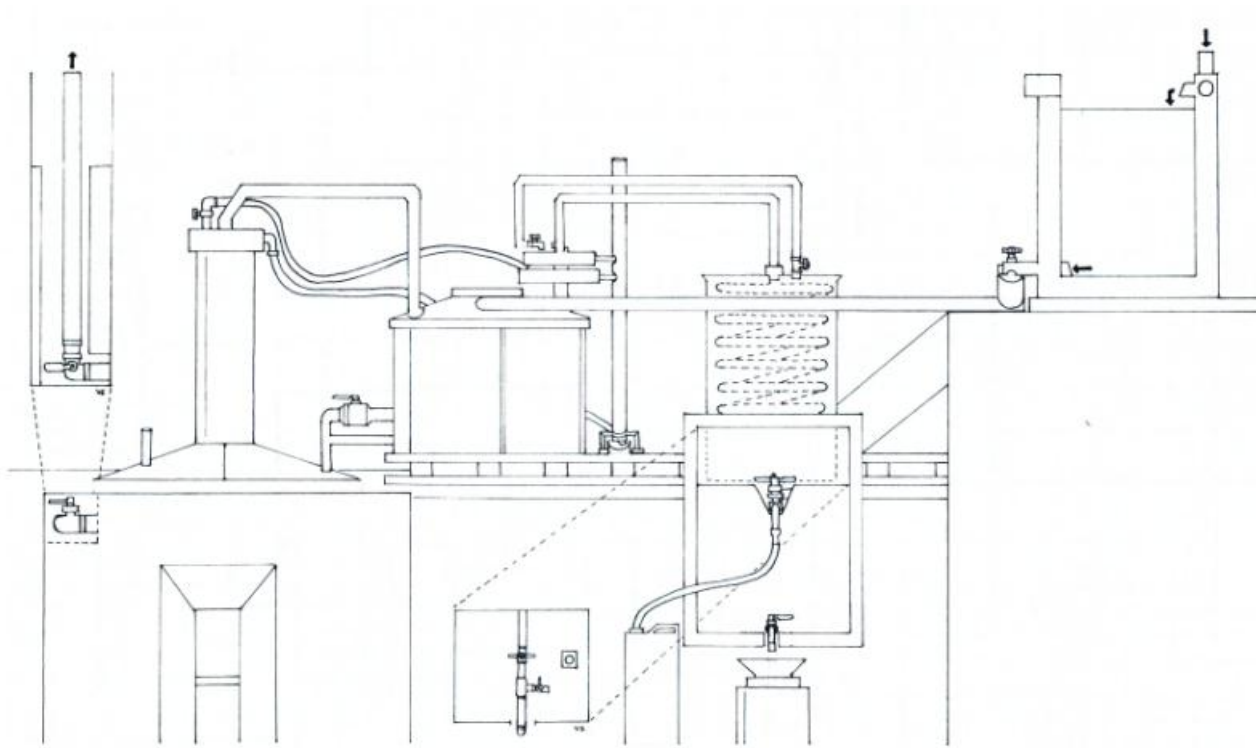
Anexo 2. Datos tomados en la etapa de destilación, Fermento 2

Parámetros	Unidades	Parada 1	Parada 2	Parada 3
Litros de Mosto	L	400 ltrs	400 ltrs	400 lts
Temperatura del mosto del fermento	°C	27,2	27,6	27,9
Temperatura del mosto del calentador	°C	28,6	55,7	56,1
Ph		2,72	2,72	2,74
°Brix de entrada		6	6	6
Temperatura vinazas	°C	73,8	76,7	81,7
Litros de vinazas	L	364	370	372
pH Vinazas		2,7	2,67	2,72
°Brix de Salida		5	5	6
Temperatura de salida Etanol	°C	24,6	24,9	24,7
Litros de Etanol	L	36	30	28
Ph		4,52	4,07	3,91
Grados Alcohólicos	GL	75	75	75
Temperatura de operación	°C	79,5	67,9	70,2
Tiempo por batch	H	3	3	3

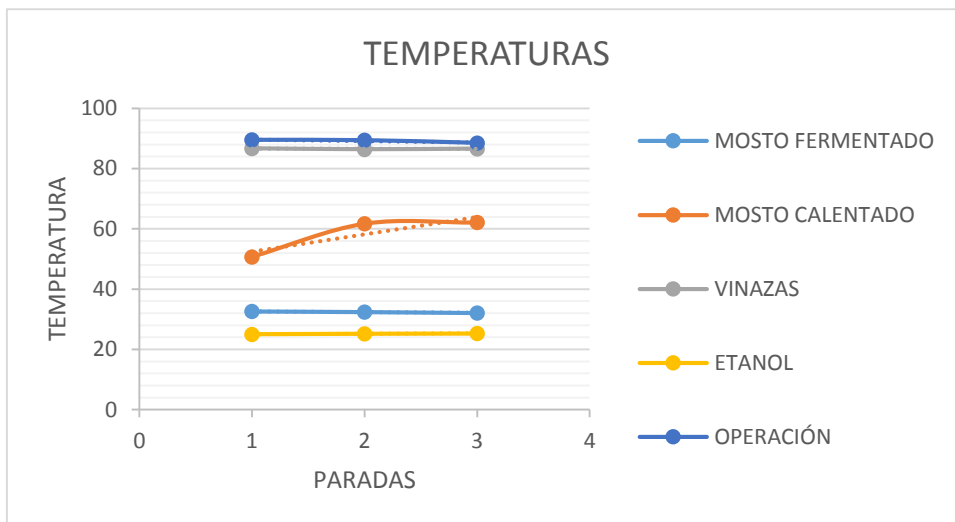
Anexo 3. Costo de Producción (Elaboración propia)

Descripción	Costo de producción (\$)
Materia prima	5760
Sueldos	7520
Suministros	73
Total Costo de Producción	13353
Costo unitario (L)	1,03
Precio de venta	3

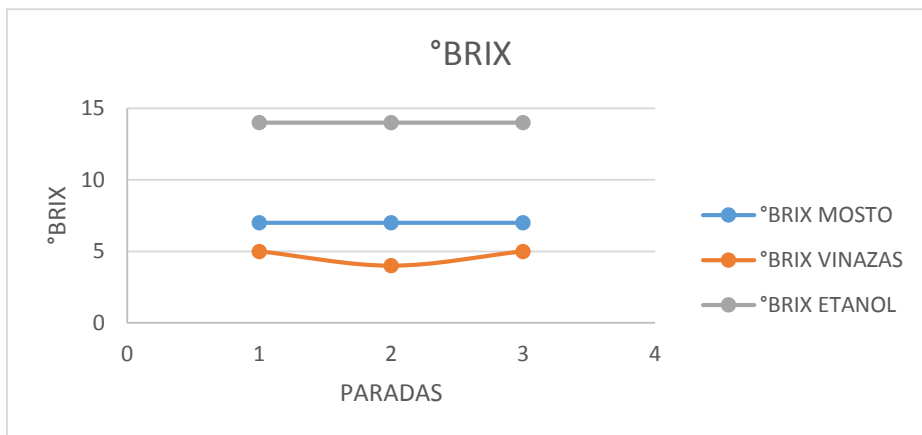
Anexo 4. Estructura de la destilería Adrianita (Elaboración propia)



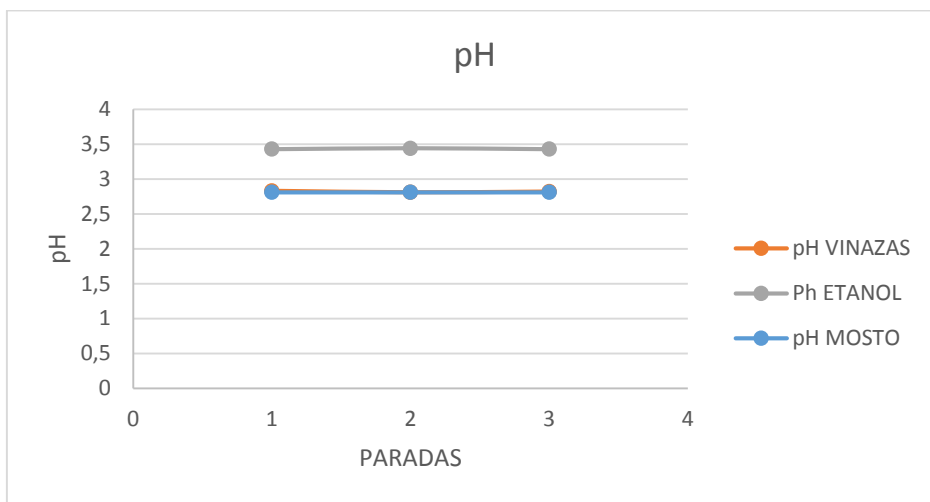
Anexo 5. Curva de temperatura en el proceso de destilación (1er día)



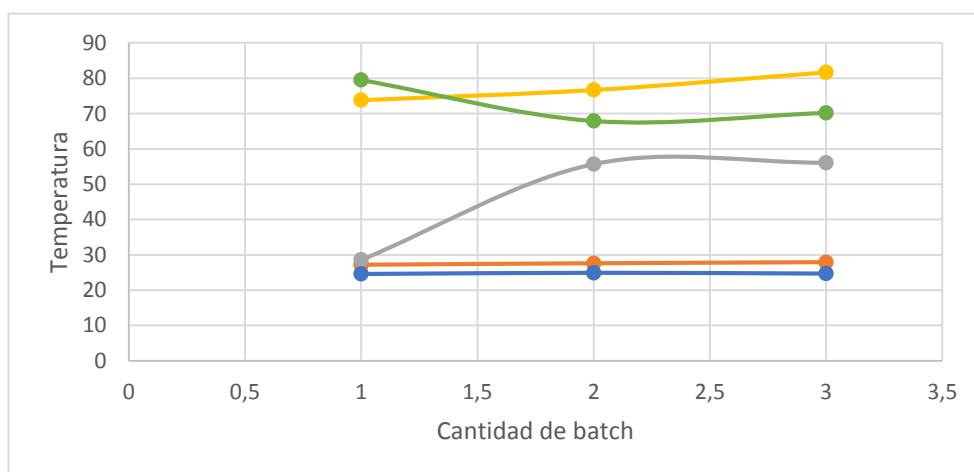
Anexo 6. Curva de Brix° en el proceso de destilación (2er día)



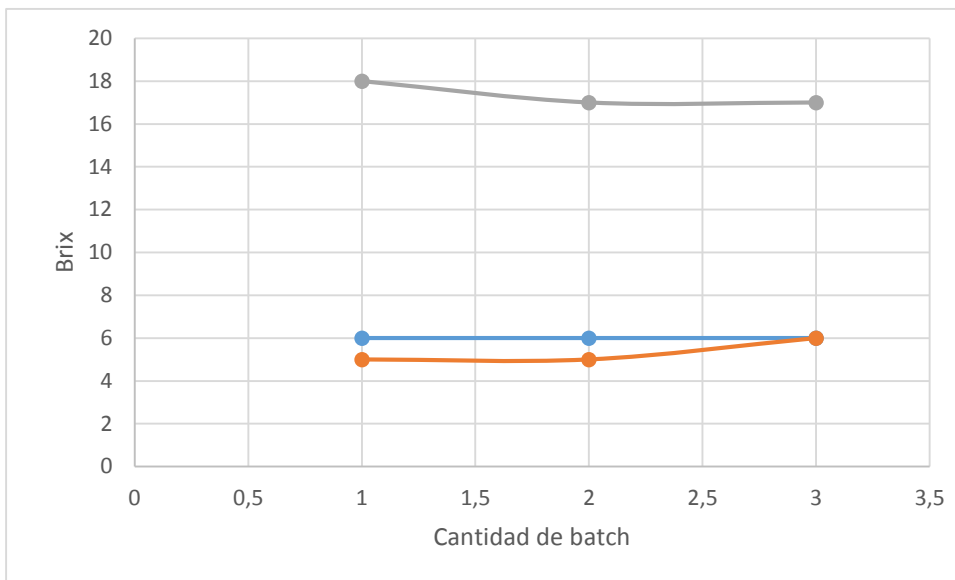
Anexo 7. Curva de pH en el proceso de destilación (1er día)



Anexo 8. Curva de temperatura en el proceso de destilación (2er día)



Anexo 9. Curva de Brix° en el proceso de destilación (2er día)



Anexo 10. Curva de pH en el proceso de destilación (2er día)

