



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agroindustrias

TEMA:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL, EN EL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR”

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL Otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de AGROINDUSTRIAS

Autor:

Gladys Rocío Guambuete Yauqui

Tutor:

Ing. Isidro Favián Bayas Morejón PhD.

Guaranda – Ecuador

2025

IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA ELABORACIÓN
DE CERVEZA ARTESANAL, EN EL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

REVISADO Y APROBADO POR:



.....

Ing. Isidro Favián Bayas Morejón PhD.

TUTOR



.....

Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza MSc.

DOCENTE LECTOR



.....

Ing. Darwin Alberto Núñez Torres MSc.

DOCENTE LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA



Yo, Gladys Rocío Guambuete Yauqui, con cédula de identidad número 025028344-7, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondiente a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa vigente.

.....

Gladys Rocío Guambuete Yauqui

AUTORA

CI. 025028344-7

.....

Ing. Isidro Faván Bayas Morejón PhD.

TUTOR

CI. 020181191-6



Notaria Tercera del Cantón Guaranda
Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez
Notario

...rio

Nº ESCRITURA 20250201003P01285

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR:

GLADYS ROCIO GUAMBUGUETE YAUQUI

CUANTIA: INDETERMINADA

DI: 2 COPIAS L.L

Factura: 001-001-000017626



En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy dieciséis de mayo del dos mil veinticinco, ante mi Abogado **HENRY ROJAS NARVAEZ**, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparece la **GLADYS ROCIO GUAMBUGUETE YAUQUI** casada, domiciliada en el sector La Batea kilómetro 6 1/2 vía a Chimbo; de esta ciudad de Guaranda, celular número 0985802182, correo electrónico es rosyguambuguete@gmail.com, por sus propios derechos, obligarse a quien de conocerla doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana; bien instruida por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertido de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presenta su declaración Bajo Juramento que dice: Declaro que el presente PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, carrera de Agroindustrias, con el tema: **"IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL, EN EL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR"**, es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autora. Es todo cuanto puedo declarar en honor a la verdad, la misma que la hago para los fines legales pertinentes. **HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA**. La misma que queda elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que le fue a la compareciente por mí el Notario en unidad de acto, aquella se ratifica y firma conmigo se incorpora al protocolo de esta Notaria la presente escritura, de todo lo cual doy fe.-

GLADYS ROCIO GUAMBUGUETE YAUQUI

c.c. 0250283447

ABOGADO HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA





Handwritten signature in blue ink, possibly reading "Gladys" and "26-05-2025".

Gladys Guambuquete

PROYECTO_FINAL_GLADYS_GUAMBUGUETE.docx

 My Files

 My Files

 Universidad Estatal de Bolívar

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:461373293

Fecha de entrega

22 may 2025, 3:46 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

22 may 2025, 4:06 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

PROYECTO_FINAL_GLADYS_GUAMBUGUETE.docx

Tamaño de archivo

4.3 MB

71 Páginas

13.314 Palabras

72.787 Caracteres

7% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report




- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 10 words)

Exclusions

- 69 Excluded Matches



Top Sources

- 6%  Internet sources
- 1%  Publications
- 5%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante en mi vida y de mi formación profesional. A mis padres, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y su apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones que teníamos, A mi esposo por su apoyo incondicional, Mis hermanos quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis metas y mis ideales.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mi Dios por la oportunidad de la vida que me ofreció por nunca abandonarme por cuidar de mi en este camino lleno de adversidades, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de su ayuda.

A mis Padres y mi Esposo que con su sacrificio he llegado hasta estas instancias porque con cada esfuerzo suyo ha sido mis ganas de seguir, son quienes con su amor infinito está ahí con una palabra de apoyo.

Mi gratitud a mi tutor el Ing. Fabián Bayas Morejón por su apoyo, conocimiento, enseñanza y dedicación con mi proyecto de tesis, ya que fue el principal colaborador durante este largo proceso.

Agradecer a la Universidad Estatal de Bolívar que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título. Agradezco a cada directivo por su trabajo y por su gestión, sin lo cual no estarían las bases ni las condiciones para aprender conocimientos.

Y finalmente a cada uno de mis maestros quienes me ayudaron a forzar mi camino profesional con su dedicación y paciencia.

INDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pág.
CAPITULO I	1
1.1. INTRODUCCION	1
1.2. PROBLEMA	2
1.2.1. Formulación del problema	2
1.2.2. Sistematización del problema	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. HIPOTESIS	3
1.4.1. Hipótesis nula (H_0)	3
1.4.2. Hipótesis alterna (H_a)	3
CAPITULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Diagnóstico del sitio de implementación de la planta piloto	4
2.3. Instalación de la planta piloto	6
2.3.1. Plantas Agroindustriales	6
2.3.2. Planta piloto Agroindustrial	7
2.3.3. Funciones y características de la planta piloto	7
2.4. Implementación	8
2.4.1. Equipo de cervecería	8
2.4.3. Olla de macerado del equipo cervecero	9
2.4.4. Olla de hervor del equipo cervecero	9
2.4.5. Fermentador/ Madurador del equipo cervecero	10
2.5. Producción de la Cebada	10

2.6.	Consumo de la cebada	11
2.7.	Cebada	11
2.7.1.	Generalidades	12
2.7.2.	Importancia de la cebada	12
2.7.3.	Calidad de la cebada	13
2.7.4.	Tipos de cebada	13
2.8.	Producción de la cerveza	14
2.8.1.	Consumo de cerveza	14
2.9.	La cerveza	15
2.9.1.	Cerveza artesanal	15
2.9.2.	Tipos de cerveza artesanal	15
2.10.	La malta	16
2.11.	Lúpulo (LUPULUS)	16
2.12.	El agua	17
2.13.	Levadura	17
2.14.	Evaluación del balance de masa en la planta piloto	17
3.	MARCO METODOLOGICO	19
3.1.	Ubicación del experimento	19
3.1.1.	Localización de la investigación.	19
3.1.2.	Situación geográfica y climática de la localidad	19
3.1.3.	Zona de vida	20
3.2.	Metodología	20
3.2.1.	Material experimental	20
3.2.1.1.	Materiales de campo	20
3.2.1.2.	Materiales de oficina	21
3.2.1.3.	Equipos y materiales	21

	23
3.3.2. Elaboración de cerveza artesanal en la planta piloto	24
3.4. Determinación de un diagnóstico del sitio de implementación.	25
3.5. Determinación de reacciones químicas en la instalación de una planta piloto:	26
3.5. Determinación del balance de masa en la elaboración de cerveza artesanal mediante un equipo piloto:	27
CAPITULO IV	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Interpretación de resultados	30
4.1.1. Caracterización del sitio de implementación de un equipo cervecero.	30
4.1.8. Servicios Básicos Disponibles	32
4.2. Equipamiento y Operación	32
4.2.1. Aspectos Sanitarios y Ambientales	33
4.2.2. Cumplimiento Normativo	33
4.3. Instalación de la planta piloto en el complejo agroindustrial.	35
4.4. Balance general del sistema	38
4.4.1. Balance de los subsistemas del proceso	39
4.4.2. Cálculo de la eficiencia del equipo cervecero	43
4.4.3. Cálculo del grado alcohólico de la cerveza	43
CAPITULO V	45
5.1. CONCLUSIONES	45
5.2. RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFIA	46
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

N°	Detalle	Pág.
1	Localización de la investigación	19
2	Aspectos generales del territorio	19
3	Ingredientes principales	27
4	Cumplimiento normativo	34
5	Análisis FODA del Sitio	34
6	Componentes de una planta piloto de cerveza artesanal	36
7	Cantidades iniciales	39

INDICE DE FIGURAS

N°	Detalle	Pág.
1	Cebada	12
2	Diagrama de flujo para la preparación de la materia prima	22
3	Diagrama de flujo para la cerveza artesanal en la planta	23
4	Equipo cervecero	35
5	Balance General del Sistema	38
6	Maceración	39
7	Filtración y recirculación	39
8	Lavado de granos	40
9	Cocción	41
10	Enfriado	41
11	Fermentación	42
12	Embotellado	42

INCICE DE FORMULAS

N°	Detalle	Pág.
1	Formula general del balance de masa	18
2	Principio de la conservación de la masa.	18
3	Cálculo de ingredientes en la elaboración de cerveza artesanal	18
4	Balance General del Sistema	38
5	Cálculo en la etapa de macerado	39
6	Cálculo en la etapa de filtrado y recirculado	40
7	Cálculo en la etapa de lavado de granos	40
8	Cálculo del agua evaporada	40
9	Cálculo en la etapa de cocción	41
10	Cálculo en la etapa de enfriado	42
11	Cálculo en la etapa de fermentación	42
12	Cálculo del Balance General del Estado	43
13	Cálculo de la eficiencia	43
14	Cálculo del grado alcohólico de la cerveza	43

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº	Detalle
1	Mapa de ubicación de la investigación
2	Lugar de estudio para la experimentación.
3	Equipo Implementado
4	preparación de la materia prima (Cebada)
5	elaboración de cerveza artesanal en la planta piloto
6	Glosario

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue la implementación de una planta piloto para la elaboración de cerveza artesanal en el Complejo Agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar. Mediante un estudio se pudo determinar un lugar adecuado y seguro para su respectiva instalación. Para este proceso se determinó la elaboración de la cerveza artesanal tipo ale pale donde se pudo evidenciar el funcionamiento respectivo del equipo cervecero como también se pudo medir la eficiencia del 80 % que tiene el equipo para la producción de productos fermentados, dentro de la planta agroindustrial. Para la elaboración de este producto se procedió a la recepción de la materia prima que es la cebada obtenida de la ciudad de Guaranda. Mediante este transcurso se pudo determinar los diferentes tiempos y temperaturas durante su elaboración. Donde se pudo obtener un grado de alcohol al 5% en la cerveza elaborada. Además, se determinó un balance de masa para cada etapa durante su elaboración, donde se pudo evidenciar el porcentaje de materia que ingresa como la que sale, teniendo en cuentas las pérdidas durante su proceso como la cocción y la fermentación, la sedimentación del mosto obteniendo así una producción de 32.2 litros de cerveza elaborada.

Palabras Clave: Balance de masa, Estudio, Implementación, Planta piloto.

SUMMARY

The objective of the research was to implement a pilot plant for the production of craft beer at the Bolívar State University's Agroindustrial Complex. A study was conducted to determine a suitable and safe location for its installation. For this process, the production of pale ale craft beer was determined. The brewing equipment's respective operation was demonstrated, as well as the 80% efficiency of the equipment for the production of fermented products within the agroindustrial plant. To produce this product, the raw material, barley obtained from the city of Guaranda, was received. This process allowed the determination of the different times and temperatures during its production, achieving a 5% alcohol content in the brewed beer. In addition, a mass balance was determined for each stage during its production, where the percentage of material entering and exiting could be evidenced, taking into account the losses during its process such as cooking and fermentation, the sedimentation of the wort, thus obtaining a production of 32.2 liters of brewed beer.

Keywords: Mass balance, Study, Implementación, Pilot plant.

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCION

El término cerveza se asocia con el *celto latin cerevisia* y se considera dentro de los productos que se obtienen por la fermentación de la cebada o de otros cereales. Del inglés *barley malt*, consiste en la mezcla de cebada o maíz cuyo almidón se fermenta en agua con levadura, (básicamente *Saccharomyces cerevisiae* o *S. carlsbergensis*) y frecuentemente es aromatizado con lúpulo, entre otras plantas (Samartino, 2020).

Su aceptación en todo el mundo ha generado un desarrollo sin precedentes de esta bebida, diferenciándola por su marca e incluso su destilación, hoy en día, se ha especializado en la mejora de técnicas para su elaboración (Porras, 2020).

De acuerdo con cifras brindadas por la empresa privada de encuesta INEC y exponiendo los datos de gente “Cega”, de 912,576 personas de 19 a 65 años, 83,900 son hombres, y solamente 9,263 mujeres. Están dispuestos a tomar alcohol y en un consumo moderado, consumiendo casi la mitad, 47.3% enfrentándose a los múltiples estudios de epidemiología donde se muestra esta bebida destilada como la más comúnmente consumida. La mayoría desconoce la utilidad que tiene la artesanal, el abuso no es recomendable. (Nasiff-Hadad, Giral, & Bruckert, 2022).

Este proyecto se encuentra dividido en distintos capítulos que permiten analizar a fondo la factibilidad del proyecto en cuestión. Llama la atención que el producto principal de este proyecto es uno de los más consumidos en el país, y la tendencia a probar nuevos sabores y texturas en este tipo de bebidas es bastante más común entre los consumidores de este mercado, se elaboró la propuesta de crear una planta productora de cerveza artesanal.

La implementación de una planta piloto para la elaboración de cerveza artesanal en el complejo agroindustrial de la Universidad de Bolívar es el objeto de este proyecto. Estructurado con el objetivo conocer que la planta productora opere de manera óptima en la producción de productos fermentados.

El detalle del proyecto lo conforman los distintos pasos con el control de todo el proceso desde producción hasta obtención de cerveza. Para ello se describen todos los procesos y el control de las variables que los afectan, además se realizaran pruebas varias en proceso de seguimiento. Se deberá evaluar el desempeño del equipo cervecero y determinar si se obtiene un producto seguro y de calidad comprobada.

1.2. PROBLEMA

En el contexto mundial, especialmente en países en vías de desarrollo, la educación técnica a nivel medio e inferior se articula, en un alto porcentaje, de forma teórica, sin tener conocimientos prácticos. Todo esto ocurre porque en estos estados, por culpa de los gobiernos, no se dota de presupuesto económico necesario al gasto de compra de equipos, maquinarias, materiales y reactivos, lo que afecta la formación técnica.

No tener este tipo de equipamiento básico para el estudio y tecnificación de toda carrera de grado, obliga a los alumnos en muchas ocasiones a sustituir una gran parte de las prácticas con elementos de su entorno, lo que repercute en la calidad de los conocimientos prácticos que adquiera el estudiante.

El procesamiento de diferentes tipos de productos agroindustriales requiere que se usen equipos industriales como también que pasen por una serie de procedimientos antes de la industrialización final, se necesitan utilizar diferentes equipos en cada etapa para garantizar la calidad del procesamiento.

Con todo lo explicado, el propósito de este proyecto es la construcción de una planta piloto en el marco del complejo agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar.

1.2.1. Formulación del problema

De acuerdo a lo mencionado, en la presente investigación se planteó la siguiente pregunta general:

¿Cómo realizar la implementación de una planta piloto para la elaboración de cerveza artesanal en el complejo Agroindustrial de la Universidad de bolívar?

1.2.2. Sistematización del problema

Para el abordaje de la pregunta general de investigación, se planteó las siguientes preguntas específicas:

¿Como Realizar un diagnóstico del sitio de implementación de la planta piloto?

¿Como Instalar la planta piloto en el complejo agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar?

¿Como determinar el balance de masa de la planta piloto instalado?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Implementar una planta piloto para la elaboración de cerveza artesanal en el complejo agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar.

1.3.2. Objetivos específicos

- Desarrollar un diagnóstico del sitio de implementación de la planta piloto.
- Instalar la planta piloto en el complejo agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar.
- Evaluar el balance de masa de la planta piloto instalado.

1.4. HIPOTESIS

1.4.1. Hipótesis nula (H₀)

H₀: La planta piloto instalado no presenta un rendimiento óptimo de producción.

1.4.2. Hipótesis alterna (H_a)

H_a: La planta piloto instalado presenta un rendimiento óptimo de producción.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Diagnóstico del sitio de implementación de la planta piloto

Las cervecerías deben evaluar el espacio disponible y el diseño de sus instalaciones para acomodar el equipo de elaboración de cerveza. Se deben considerar factores como la altura del techo, el espacio del piso y el acceso a los servicios públicos para garantizar una instalación perfecta para su instalación (Rodríguez-González, 2024).

2.2. Aspectos físicos para la instalación de una planta cervecera.

2.2.1. Ubicación y Espacio

Accesibilidad: en este espacio la planta debe ubicarse en una zona de fácil acceso para la recepción de materia prima y distribución del producto terminado.

Espacio disponible: Se debe contar con un área suficiente para la instalación de equipos, almacenamiento de insumos y producto terminado, y posibles expansiones futuras.

Normativas locales: Cumplir con regulaciones de uso de suelo y permisos para actividades industriales o comerciales (Delgado Portela, 2024).

2.2.2. Infraestructura

Pisos: se debe considerar pisos resistentes a cargas pesadas, antideslizantes y con un adecuado sistema de drenaje.

Paredes y techos: deben contener Materiales de fácil limpieza y mantenimiento, resistentes a la humedad y con acabados sanitarios (Vargas Guevara, 2024).

Altura: sus Dimensiones adecuadas para la instalación y operación de tanques y equipos de gran tamaño o a menor escala.

2.2.3. Servicios Básicos

Suministro de agua: Se debe Garantizar calidad y disponibilidad, con sistemas de tratamiento si es necesario.

Electricidad: Debe ser Potencia suficiente para el funcionamiento de motores, bombas y sistemas de refrigeración.

Gas o vapor: Debe contener Disponibilidad para calderas y procesos de cocción.

Ventilación y climatización: Se debe considerar el Control de temperatura y humedad

para garantizar condiciones óptimas de producción.

2.2.4. **Distribución de Áreas**

Recepción de Materia Prima: contener Zona separada para evitar contaminación cruzada.

Zona de Producción: deber ser Espacios definidos para molienda, maceración, fermentación y envasado.

Almacén de Insumos y Producto Terminado: se debe considerar las Condiciones adecuadas de temperatura, humedad y ventilación.

Laboratorio de Control de Calidad: coincidir con el Espacio para el análisis de agua, mosto y producto final.

Oficinas y Áreas Administrativas: Espacios para gestión, reuniones y operaciones administrativas.

2.2.5. **Seguridad y Normativas**

Rutas de evacuación: Se basa en la Señalización clara y salidas de emergencia accesibles.

Equipos de seguridad: Contener Extintores, alarmas, duchas de emergencia y botiquín de primeros auxilios.

Normativas sanitarias y ambientales: se debe establecer con el Cumplimiento y con regulaciones vigentes para garantizar la inocuidad del producto y minimizar el impacto ambiental.

Normas y estándares relevantes:

Normas de calidad (ISO 9001): Nos Aseguran que el proceso de diseño, construcción y operación de la planta piloto se realice de manera consistente y eficiente, cumpliendo con los requisitos de calidad establecidos (Pacheco Rodríguez, 2021)

Normas de seguridad y salud (ISO 45001): donde nos Garantizan que la planta piloto se diseñe y opere de manera segura, minimizando los riesgos para el personal y el medio ambiente (Duque-Aldaz, 2024)

Normas de diseño y construcción (según el sector): Se debe realizar Dependiendo del tipo de planta piloto (por ejemplo, farmacéutica, alimenticia, industrial), se aplicarán normas específicas de diseño y construcción que aseguren la integridad estructural, la seguridad y la eficiencia de la planta (Díaz, 2021)

Normas ambientales (dependientes de la ubicación y el sector): Se deben cumplir las regulaciones locales y nacionales relacionadas con el manejo de residuos, emisiones, contaminación del suelo y del agua, entre otros aspectos (Alcívar Cedeño, 2024)

Normas de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM): Si la planta piloto se utilizará para la producción de medicamentos u otros productos regulados, se deberán cumplir las BPM (Casas, 2023).

Normas de seguridad de la información (si aplica): Si la planta piloto maneja datos sensibles, se deberán implementar medidas de seguridad para proteger la información

Normas de manejo de residuos (según el sector): Dependiendo de la actividad de la planta piloto, se deberán cumplir las normas de manejo de residuos sólidos, líquidos y peligrosos (Machado, 2022).

Aspectos a considerar durante el diagnóstico

Análisis de la ubicación: donde nos permite Evaluar factores como el acceso, el suministro de agua y energía, la disposición de terrenos, la legislación local y la cercanía a posibles fuentes de contaminación (Arandes, 2023)

Análisis técnico: nos permite Evaluar la capacidad de la ubicación para albergar los equipos y procesos necesarios, la disponibilidad de espacio, la seguridad estructural y la adecuación de la infraestructura (Díaz Ricaurte, 2020)

Análisis ambiental: nos indica Evaluar el impacto ambiental de la planta piloto, identificando los posibles riesgos y desarrollando medidas para mitigarlos.

Análisis económico: donde nos permite Evaluar los costos de construcción, operación y mantenimiento de la planta piloto, así como la viabilidad económica del proyecto (Alvarado Bezada, 2023).

Evaluación de la legislación: donde nos da a Identificar las regulaciones locales, regionales y nacionales aplicables al proyecto y asegurar el cumplimiento de las mismas.

Consideraciones de seguridad: permite Implementar medidas de seguridad para proteger al personal y al medio ambiente (Díaz, 2021)

Gestión de la información: permite Establecer mecanismos para gestionar la información de manera segura y eficiente.

Gestión de riesgos: nos permite Identificar y evaluar los riesgos potenciales y desarrollar planes de respuesta (Arandes, 2023).

2.3. Instalación de la planta piloto

2.3.1. Plantas Agroindustriales

La agroindustria o la extracción agrícola son actividades una economía dedicada a la producción, industrialización y marketing de productos. Recursos naturales biológicos como la agricultura, la ganadería y la silvicultura. plan nacional Ministerio de Cultivos

Agrícolas y Exportación de Productos Agrarios responsable de la generación de electricidad (Páez Espinal, 2023)

Tecnologías para cultivos de café, cacao, algodón, caña de azúcar y palma Aceite, cultivos y selva nacional (Palacios, 2023). Una planta agroindustrial es un lugar donde se transforman productos agrícolas, pecuarios, forestales y pesqueros en alimentos elaborados (Ligarda Samanez, 2020).

La agroindustria es una diligencia económica que se encarga de la producción, expansión y comercialización de productos derivados de estos recursos naturales. Su objetivo es llevar los productos agrícolas al mercado, lo que involucra todos los pasos necesarios, como la producción, el procesamiento y la distribución

2.3.2. Planta piloto Agroindustrial

Su finalidad es estudiar la viabilidad económica de las plantas a gran escala antes de iniciar su construcción, para dicho análisis, es necesario evaluar todos los procesos. Para llevar a cabo las obras de ejecución estandarizada, el desarrollo del modelo a escala atenderá tanto a las obras como a las instalaciones (Díaz Ricaurte, 2020).

Es de gran ayuda para ejecutar una fórmula ya que al anticiparse plantea modelar primero a una escala más pequeña y luego a una mayor con tal de optimizar los resultados (Jara Castañeda, 2020). En este sentido, sobre todo son apropiadas para evaluar nuevos ingredientes, formulaciones y procesos para pequeños lotes, para obtención en laboratorios de cursos cortos y para demostración de equipos (Quiroa, 2022).

2.3.3. Funciones y características de la planta piloto

La planta piloto permite obtener la información experimental necesaria para precisar los balances materiales y de energía, definir el proceso en detalle, precisar las características de las materias primas, intermediarios y productos, determinar los rendimientos, establecer el sistema de aseguramiento de la calidad del proceso, definir los equipos requeridos, delimitar los aspectos de seguridad. En fin, establecer los aspectos que constituyen el know-how del proceso tecnológico (Henaó Barrera, 2021). La segunda función importante de la planta piloto consiste en que permite la obtención de determinadas cantidades del producto de interés para su empleo en ensayos farmacológicos, toxicológicos o de formulación galénica, todo lo cual tiene gran importancia en la primera etapa de comercialización de los productos. Entre los atributos principales de la planta piloto se pueden mencionar los siguientes:

El carácter multipropósito y la flexibilidad para estudiar procesos diversos. Estas características condicionan la necesidad de emplear equipos resistentes a la corrosión ácida o básica. Por esa razón la planta debe disponer de equipos elaborados a partir de diferentes materiales constructivos. Se debe utilizar el acero inoxidable (principalmente el AISI 316) o el acero vitrificado o el caucho (Gavidia Ortiz, 2021). Es práctica común emplear filtros y centrífugas que posean las partes en contacto con los fluidos elaboradas en AISI 316 u otros materiales que resisten el ataque de los ácidos (ebonita, polipropileno, PTFE, halar y otros). La planta debe disponer de diferentes servicios tecnológicos como vapor, aire comprimido para proceso e instrumentación, vacío, nitrógeno, agua (fría, caliente, desmineralizada y de proceso), salmuera, aceite térmico y energía eléctrica.

2.4. Implementación

La implementación de un equipo cervecero consiste en instalar y utilizar la maquinaria y herramientas necesarias para elaborar cerveza. El equipo cervecero es fundamental para producir cerveza a gran escala de manera eficiente y consistente (Willis, 2021).

2.4.1. Equipo de cervecería

Un equipo cervecero es la maquinaria y herramientas necesarias para elaborar cerveza, ya sea artesanal o industrial. Además, controla el proceso de fermentación, midiendo la temperatura, densidad y color. Como también está diseñado para producir grandes volúmenes de cerveza de manera eficiente y precisa.

El equipo cervecero artesanal se centra en la calidad de los ingredientes y los sabores únicos.

Componentes

- Macerador
- Olla de hervor
- Depósito de agua caliente
- Fermentador

2.4.2. Olla de licor del equipo cervecero

La olla de licor es un recipiente que se utiliza para calentar agua tratada para la elaboración de cerveza artesanal. Es la primera de las tres ollas que se emplean en este proceso. En la elaboración de cerveza artesanal, la olla de licor se utiliza para calentar el

agua a temperaturas de entre 75 a 79° C (Casa Lema, 2023).

- Construido en acero inoxidable Y acabado sanitario calidad AISI 304.
- Camisa para recirculación de calor con regulación de salida de gases.
- Aislación de alta densidad
- Fondo inclinado con entrada de mosto y trub caliente para que queden impurezas.
- Salida lateral con entrada para Whirlpool jet.
- Capacidades 30-50 Litros.
- Quemador dependiendo de la capacidad de la planta.
- Tener una tapa con tirador
- Tener mangos
- Tener un grifo de acero inoxidable
- Tener una entrada sonda para termómetro
- Tener un termómetro analógico profesional

2.4.3. Olla de macerado del equipo cervecero

Una olla de maceración es un recipiente que se utiliza para calentar agua y macerar ingredientes. En esta olla, el grano triturado se mezcla con agua a aproximadamente 65.5 °C (150 ° F) para convertir los almidones en azúcar. La parte inferior tiene una pantalla de metal que le permite drenar el mosto una vez terminado el proceso, filtrando el grano al mismo tiempo.

- Construido en acero inoxidable calidad AISI 304 con aislación de alta densidad.
- Falso fondo de aluminio permite lograr una correcta formación de filtro natural en el recirculado, dando como resultado una extracción limpia de mosto.
- Termómetro para regular la temperatura
- tapa superior retirable para carga y limpieza.

2.4.4. Olla de hervor del equipo cervecero

La olla de hervor se maneja para hervir el mosto además nos permite eliminar compuestos que pueden generar sabores no deseados en la cerveza, El hervor del mosto permite agregar los lúpulos que dan amargor y aromas a la cerveza

- Capacidad de 50 Litros.

- Acero inoxidable
- Entrada Whirlpool
- Un quemador independiente

2.4.5. **Fermentador/ Madurador del equipo cervecero**

Un fermentador es, en esencia, un dispositivo donde se cultivan microorganismos para crear los productos que deseamos. Este sistema está diseñado para ofrecer el ambiente perfecto que favorezca el crecimiento óptimo de las células microbianas y su actividad metabólica. En otras palabras, convierte la magia de un caldo dulce, amargo o agrio en otro que también puede ser dulce, amargo o agrio, pero con alcohol. Funciona al crear un entorno controlado donde la levadura transforma el azúcar de la cerveza en alcohol y dióxido de carbono. Para lograr esto, el fermentador de cerveza debe estar bien sellado, evitando que contaminantes externos entren en el recipiente.

- Construido en su totalidad en acero inoxidable.
- Patas reforzadas con regulación de nivel.

2.5. **Producción de la Cebada**

La cebada ha sido, a través de los años, el ingrediente clave para obtener cerveza de buena calidad. Este producto natural, que desde su cultivo debe ser tratado con altos estándares, representa para muchos expertos cerveceros el alma de esta bebida milenaria. A pesar de que su uso es conocido mayormente para la elaboración de malta, el cereal también es usado en la preparación de alimentos. Sin duda, es un ingrediente versátil que debido a su naturalidad ha hecho que su producción incremente significativamente en los últimos años (Lema-Aguirre, Basantes-Morales, & Pantoja-Guamán, 2020)

Según la FAO, la cebada es el cuarto cultivo de cereales en términos de producción, con un total mundial de 141 millones de toneladas en 2016 (FAO, 2024). En Ecuador, este producto representa uno de los cultivos más importantes de la sierra ecuatoriana. Su cosecha sirve en su mayoría para el autoconsumo en comunidades campesinas, así como también para preparar otros derivados, como sopas, coladas, harina y obtener malta para bebidas alcohólicas (Orús, 2024).

El sobrante de las cosechas, generalmente se envía para ser comercializado y así obtener ganancias que aporten a la producción comunitaria de la región, según datos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Iniap). La provincia de Imbabura registra la

mayor participación en producción de cebada, con 3.440 toneladas métricas de 13.513 del total de producción nacional, seguida de la provincia de Chimborazo, con 3.200 (Espinosa, 2019).

2.6. Consumo de la cebada

Esta estadística nos da una visión clara del consumo total de cebada en el mundo entre 2015 y 2025. En la campaña 2023/2024, la ingesta global de este cereal disminuyó en casi siete millones de toneladas métricas, quedando en alrededor de 141,7 millones. Sin embargo, se espera que el consumo aumente considerablemente en 2024/2025 (Orús, 2024). En 2023, China se destacó como el principal importador de cebada a nivel mundial, recibiendo aproximadamente 11.300 millones de toneladas métricas de este cereal. Irán y los Países Bajos ocuparon el segundo y tercer lugar, respectivamente (Orus, 2024). La Unión Europea (UE-27) se posiciona como el mayor consumidor de cebada, con un consumo interno anual de 52,2 millones de toneladas métricas.

Esta notable demanda resalta el papel de liderazgo de la UE en la producción y el consumo de cebada, superando ampliamente a otras regiones. El uso de cebada en la UE es bastante diverso, abarcando industrias como la alimentación animal y la elaboración de cerveza, lo que contribuye a sus altos niveles de consumo (Ortiz, 2024). En Ecuador, la cebada se cultiva en aproximadamente 43,974 hectáreas, con una producción de 54,048 toneladas. Las provincias de Chimborazo, Cotopaxi y Pichincha representan el 56% de la producción total de cebada. Estos cultivos son considerados minifundios, ya que la mayoría se cultiva en áreas menores de 1 hectárea (ha). El principal uso de la cebada en Ecuador es para la elaboración de machica y arroz de cebada, que representan el 88,3% del consumo de grano de cebada total en el país. Además, la cebada es utilizada para la elaboración de cerveza, y derivados (Cordoba, Tapia, Culcay, & Satan, 2023).

2.7. Cebada

La cebada (*Hordeum vulgare*) es un grano que forma parte de la familia de las gramíneas. La podemos encontrar en varias presentaciones: mondada, perlada, como salvado de cebada, harina, gránulos de cebada y malta (Checa Montenegro, 2023). Este grano ha sido utilizado tradicionalmente como alimento para el ganado, en la elaboración de malta y en la preparación de diversos alimentos. Además, los granos tostados son un excelente sustituto del café. Su uso más comercial se da en la producción de bebidas como la cerveza, el whisky y la ginebra (Pilataxi, 2021). También se puede emplear para hacer vinagre, pan, sopas y papillas. La cebada es rica en carbohidratos, que nos proporcionan

energía durante varias horas. Además, es una buena fuente de proteínas que, al combinarse con leguminosas, se complementan y ofrecen un perfil nutricional completo (García, 2021).

Además, la cebada es una excelente fuente de fósforo y potasio, minerales esenciales para mantener nuestra salud ósea y cardiovascular en óptimas condiciones. También contiene ácidos grasos insaturados, que son el tipo de grasa que se considera beneficiosa para el organismo (Jara Mallma, 2024). Además, es rica en una fibra conocida como β -glucano, que ha demostrado tener múltiples beneficios para la salud, especialmente en la reducción del riesgo de enfermedades cardíacas al ayudar a disminuir los niveles de colesterol LDL (el llamado colesterol malo) y el colesterol total.

2.7.1. Generalidades

La cebada es una planta anual de la familia de las gramíneas, específicamente monocotiledónea. Su valor nutricional es bastante amplio: contiene vitaminas del grupo B, ayuda a regular el colesterol, previene la acumulación de grasas en el hígado, protege el sistema nervioso y es un alimento excelente para los niños que enfrentan problemas de crecimiento.

Figura 1

Cebada



Nota: Figura de la cebada. Tomado de Cebada (*Hordeum vulgare L.*) manual de manejos y conservación de los suelos (Molina & Noroña, 2023)

2.7.2. Importancia de la cebada

La cebada es un cereal que juega un papel fundamental tanto en la alimentación humana como en la del ganado. De hecho, ocupa el quinto lugar en el ranking de cultivos a nivel mundial (Rural, 2020). Este grano es una excelente fuente de energía, especialmente gracias a sus carbohidratos de absorción lenta, y también es un gran aliado para

remineralizar el organismo, gracias a su contenido de potasio, magnesio, calcio, hierro y fósforo. Pero lo que realmente la hace destacar son sus oligoelementos, como el selenio, que actúa como antioxidante, así como el zinc, el manganeso y el cobre, convirtiéndola en un alimento ideal en situaciones de deficiencia (López, 2023). Además, la cebada es rica en varias vitaminas del grupo B, como B1, B3 y B6. Aunque su contenido proteico no es tan alto como el del trigo, sigue siendo significativo, con casi un 10%. Su fibra soluble, que es rica en betaglucanos, se asocia con la prevención de enfermedades cardiovasculares.

2.7.3. Calidad de la cebada

La cebada es un ingrediente fundamental en la elaboración de cerveza, y su calidad tiene un impacto directo en el sabor, aroma y calidad del producto final (Garofalo, 2023). Este control de calidad se realiza en cada etapa, desde el cultivo hasta la entrega a las cervecerías y otras industrias. Durante el cultivo, se supervisan varios parámetros agronómicos, como el contenido de humedad, la presencia de impurezas, el tamaño y peso del grano, así como la pureza genética de las variedades cultivadas.

2.7.4. Tipos de cebada

Existe una variedad de cebadas para la producción cervecera

- **Pale Ale:** esta variedad es la más común y se utiliza en la mayoría de las bebidas ligeras y suaves debido a su bajo contenido de proteínas y su alto contenido de azúcares fermentables
- **Vienna:** Aporta un sabor y aroma a malta más pronunciado que la Pale Ale y es un poco más oscura.
- **Múnich:** Es más oscura que la Vienna y aporta un sabor a malta más intenso y un color más oscuro.
- **Crystal:** Se utiliza en cervezas de estilo inglés como las Brown Ale y las Porter.
- **Chocolate:** Se tuesta más que cualquier otra variedad de cebada malteada.
- **Black:** La Black se utiliza en cervezas como las Black IPA y las Russian Imperial Stout. Se tuesta más que la Chocolate y aporta un sabor y color aún más intenso.

- **Caramelo:** Tienen un malteado menor, las maltas oscuras y aportan sabores frutados.
- **Cebada Malteada Base:** La cebada malteada base utiliza como ingrediente principal de la mayoría de las cervezas. Como por ejemplo Stout, pilsen, lagers y otras rubias en general.

2.8. Producción de la cerveza

Hoy en día, la producción de cerveza es tan relevante que impacta directamente en el producto interno bruto de un país. Según la FAO, esta industria tiene un papel económico clave, con una producción mundial que supera los 113,654 millones de kilogramos de cerveza al año. En el proceso de elaboración de cerveza, se llevan a cabo varias etapas, como el malteado, la molienda y maceración, el filtrado del mosto, la cocción y fermentación, así como la maduración, envasado y distribución (Villanueva & Tovar, 2021). En Ecuador, se producen anualmente 600 millones de litros de cerveza, de los cuales 6,378,089 litros son de tipo artesanal, lo que representa un 1.06%. Pichincha se destaca como el principal centro cervecero, seguido de Guayas, donde se concentra la mayor parte de las cervecerías. Esta industria genera más de 1,600 empleos (Sánchez-Palacios, 2024).

2.8.1. Consumo de cerveza

El consumo de cerveza en todo el mundo se debe a una variedad de factores, como las preferencias personales, las actividades sociales y las tradiciones culturales y religiosas. En 2020, se consumieron más de 177 millones de kilolitros, lo que se traduce en mil millones de litros a nivel global. Es evidente que el consumo de cerveza se ha convertido en una parte esencial de la vida cotidiana para muchas personas. Los datos muestran que los países con mayor consumo son: China – 36.088 (20,3%), Estados Unidos – 24.105 (13,6%), Brasil – 13.847 (7,8%), Rusia – 8.646 (4,9%), México – 8.287 (4,7%), Alemania – 7.746 (4,4%), Japón – 4.416 (2,5%), Reino Unido – 4.088 (2,3%), Vietnam – 3.845 (2,2%) y España – 3.815 (2,1%), entre otros que también disfrutan de esta bebida.

La cerveza es la bebida alcohólica más popular en Ecuador, especialmente entre personas de 19 a 65 años. La Pilsener se lleva la delantera como la favorita y es considerada la cerveza nacional del país. Según un estudio realizado en Guayaquil, se descubrió que la mayoría de los consumidores de esta bebida son hombres (65%), y la mayoría de ellos

son solteros (44%) o casados (36%).

2.9. La cerveza

Es una bebida que se obtiene al fermentar el mosto de malta de cebada, ya sea solo o combinado con otros productos amiláceos que pueden transformarse en azúcares a través de la digestión enzimática y la cocción, todo ello aromatizado con flores de lúpulo (Pozas, 2024).

2.9.1. Cerveza artesanal

Se considera artesanal aquella cerveza que se elabora siguiendo una receta única, creada por maestros cerveceros que aportan un sabor especial y personal. Por lo general, su producción es limitada, ya que se presta especial atención a los sabores y texturas que la diferencian de las marcas industriales (Argenis, Campozano, & Barberán, 2023).

2.9.2. Tipos de cerveza artesanal

Según (Lorena Carro, 2024). los tipos de cerveza artesanal son:

- **Cervezas Lager:** Las cervezas lager utilizan levadura que trabaja en la parte baja del fermentador. Generalmente, requieren temperaturas de fermentación bajas y un tiempo prolongado. Es común que una cerveza lager fermente a menos de 10 grados, y a menudo incluso por debajo de 5 grados, durante un periodo que puede ir de uno a tres meses. Debido a estas bajas temperaturas, la elaboración de estas cervezas suele limitarse al invierno o a un ambiente refrigerado, como una cámara frigorífica o una nevera (Alvarado Bezada, 2023).
- **Cervezas ale:** A diferencia de las lagers, las cervezas ale son de fermentación alta, lo que significa que la fermentación ocurre en la parte superior del fermentador. Generalmente, se fermentan a temperaturas cercanas a los 19 grados durante períodos cortos, que suelen oscilar entre 5 y 7 días, a menudo seguidos de una segunda fermentación que busca reducir la turbidez de la cerveza (Guijarro Montero, 2023). Estas cervezas suelen contener una buena cantidad de lúpulo y tienen un contenido alcohólico más elevado. Es importante destacar que estos son rasgos generales, ya que, como hemos mencionado, una cerveza ale es simplemente aquella fermentada con levadura ale, y su fuerza puede variar

dependiendo de la cantidad de lúpulo y malta que se utilice (Idrogo Obando, 2024).

- **Cervezas de trigo:** Las cervezas de trigo son toda una categoría por sí solas, y tienen un lugar especial en Alemania. Estas cervezas, que pueden estar hechas total o parcialmente con malta de trigo, son claras y de baja graduación alcohólica. Se fermentan utilizando levadura ale. La más famosa de todas es la cerveza blanca, conocida como weisse beer, que es un verdadero deleite durante el Oktoberfest en Múnich, y también cuenta con una variante maravillosa en Berlín (Ruge Villamil, 2023).
- **Cervezas pale ale:** Cervezas ale de color claro, que se elaboran con pequeñas cantidades de malta tostada. Pero no se dejen engañar por el color: estas cervezas suelen tener un alto contenido de lúpulo, lo que les da un sabor intenso, y algunas pueden ser bastante amargas (Lorenzini Dávila, 2024). Dentro de esta categoría, destacan las IPA (Indian Pale Ale), que son cervezas con un alto contenido alcohólico y ricas en lúpulo, perfectas para soportar largas travesías hasta la India. También tenemos la English Bitter, un clásico en los pubs del Reino Unido, y algunas American Ales elaboradas con lúpulos de EE. UU. que son simplemente magníficas (Medina, 2022).

2.10. La malta

La malta se produce al germinar parcialmente y secar los granos de cereales. La cebada malteada es, sin duda, el cereal más utilizado, y esto se debe, entre otras cosas, a su alto contenido de hidratos de carbono (Hough, 2022). Sus dimensiones oscilan entre 6 y 12 mm de largo y de 2,7 a 5 mm de ancho. Aunque hay varios granos de cereales que se pueden maltear con éxito, la cebada es la que generalmente presenta menos complicaciones técnicas. El maíz, por otro lado, rara vez se maltea, ya que su grasa tiende a enranciarse (Bueno Cabello, 2023). El trigo se maltea a nivel comercial, especialmente para la producción de ciertos tipos de pan, pero el crecimiento de microorganismos durante la germinación en la superficie del grano puede generar algunos inconvenientes (Guerrero Morante, 2024).

2.11. Lúpulo (*LUPULUS*)

Los lúpulos tienen una variedad de propiedades que aportan amargor, equilibrando así el dulzor de la malta. Además, poseen características antibacterianas que ayudan a conservar

la cerveza, y son clave en la formación y retención de la espuma. Los polifenoles presentes en los lúpulos reaccionan con las proteínas no deseadas de la malta, haciéndolas insolubles (lo que se conoce como hot trub o cold trub, es decir, sedimento caliente o frío), lo que facilita su filtrado o sedimentación. Dependiendo del tipo de lúpulo y el momento en que se añaden durante el proceso, pueden influir en el sabor y aroma de maneras muy diversas, además de ofrecer beneficios para la salud (Guijarro Montero, 2023).

2.12. El agua

El agua es, sin duda, el ingrediente más importante en la elaboración de cerveza. Por eso, no es de extrañar que sus propiedades tengan un gran impacto en la calidad del producto final. Muchos de los estilos de cerveza más conocidos deben gran parte de sus características a la composición del agua que se utiliza. Además, las condiciones ácidas pueden disminuir el color del mosto, afectar la cantidad de lúpulo que se usa y reducir la astringencia (Kunse, 2024).

2.13. Levadura

Las levaduras son hongos unicelulares que vienen en una variedad de formas, tamaños y colores. Este grupo es increíblemente diverso, con más de 1,500 especies diferentes. Se utilizan en muchas áreas, desde la producción de alimentos fermentados hasta la creación de ingredientes alimentarios, e incluso como biofábricas para fabricar enzimas, hormonas y vacunas. De hecho, más de 300 especies de levaduras son fermentativas, pero cuando se trata de hacer productos alcohólicos, las estrellas son las especies del género *Saccharomyces* (Brown et al, 2020).

2.14. Evaluación del balance de masa en la planta piloto

El balance de masa es un concepto clave en contabilidad que conecta las entradas y salidas de un sistema para medir la materia. Este principio se puede aplicar en diferentes campos, como la contabilidad, la química, la geografía y la ingeniería (Zuluaga Botero, 2023). En el contexto de la producción de alimentos, el balance de masas se refiere a la habilidad de contabilizar todas las cantidades de materias primas, desechos, productos en proceso y productos terminados. Es una herramienta esencial en la industria agroindustrial, ya que permite medir la materia que entra y sale durante un proceso productivo. Esto no solo ayuda a optimizar el uso de recursos, sino que también contribuye a reducir el desperdicio.

Importancia del balance de masa en la industria agroindustrial

- Permite controlar las operaciones de una planta de biogás
- Contribuye a cumplir con la normativa medioambiental
- Garantiza una producción sostenible y económica

Cómo se realiza un balance de masa

- Comparando la cantidad total de género que entra, con la cantidad total que se expide o se retira
- Utilizando tecnologías avanzadas para medir con precisión las entradas y salidas de materiales en cada etapa del proceso (Llulluna Paucar, 2023).

Principio del balance de masa

Formula 1.

Formula general del balance de masa

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

Formula 2:

Principio de la conservación de la masa.

$$ME = MS + P$$

Formula 3:

Cálculo de ingredientes en la elaboración de cerveza artesanal

$$M_{final} = M_{agua} + M_{malta} + M_{lupulo} + M_{levadura} + M_{perdidas}$$

Donde:

M_{final} = masa final

M_{agua} = masa del agua

M_{malta} = masa de la malta

M_{lupulo} = masa del lupulo

$M_{levadura}$ = masa de la levadura

$M_{perdidas}$ = masa de la perdida

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Estatal de Bolívar, en el área de Ingeniería Agroindustrial ubicada en el Cantón Guaranda sector Laguacoto II.

3.1.1. Localización de la investigación.

Tabla 1

Localización de la investigación

UBICACIÓN	LOCALIDAD
Provincia:	Bolívar
Cantón:	Guaranda
Sector:	Laguacoto II
Parroquia:	Gabriel Ignacio de Veintimilla
Dirección:	Laguacoto II km ½ vía Guaranda-San Simón
Establecimiento:	Universidad Estatal de Bolívar
Unidad de Producción	Laboratorio de investigación

Fuente: Estación Meteorológica, Universidad Estatal de Bolívar. Laguacoto II, 2021.

3.1.2. Situación geográfica y climática de la localidad

Tabla 2

Aspectos generales del territorio

Parámetros	Valores
Altitud promedio	2 750 msnm
Latitud	01° 36' 52'' sur

Longitud	78° 59' 54'' oeste
Temperatura máxima	21 ° C
Temperatura mínima	7 ° C
Temperatura media	14,40 ° C
Precipitación media anual	980 mm
Humedad relativa	70%

Nota: Estación Meteorológica Laguacoto II Guaranda-Ecuador (2023).

3.1.3. Zona de vida

La ubicación del lugar donde se desarrolló la investigación se encuentra en la zona de vida según Holdridge, L. bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).

3.2. Metodología

3.2.1. Material experimental

- Cebada
- Levadura
- Lúpulo
- Agua

3.2.1.1. Materiales de campo

- Bandeja de aluminio o plástico
- Balanza digital
- Cucharones de madera
- Cocina
- Fosforo
- Tanque de gas
- Enchapadora
- Botellas de vidrio
- Alcoholímetro
- Vaso de precipitación
- Probeta

- Mangueras

3.2.1.2. Materiales de oficina

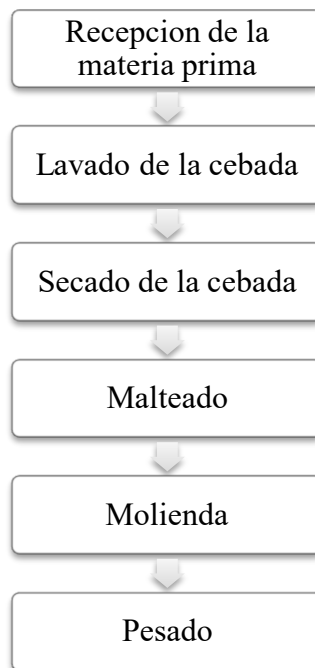
- Computador
- Lápices
- Esferos gráficos
- Cuaderno
- teléfono

3.2.1.3. Equipos y materiales

- Olla de licor
- Olla de maceración
- Olla de hervor
- Fermentador
- Bomba magnética

Figura 2

Diagrama de flujo para la preparación de la materia prima



3.3. Manejo de la Investigación

A continuación, se presenta las diferentes metodologías que se aplicó para realizar la presente investigación.

3.3.1. Preparación de la materia prima Malta

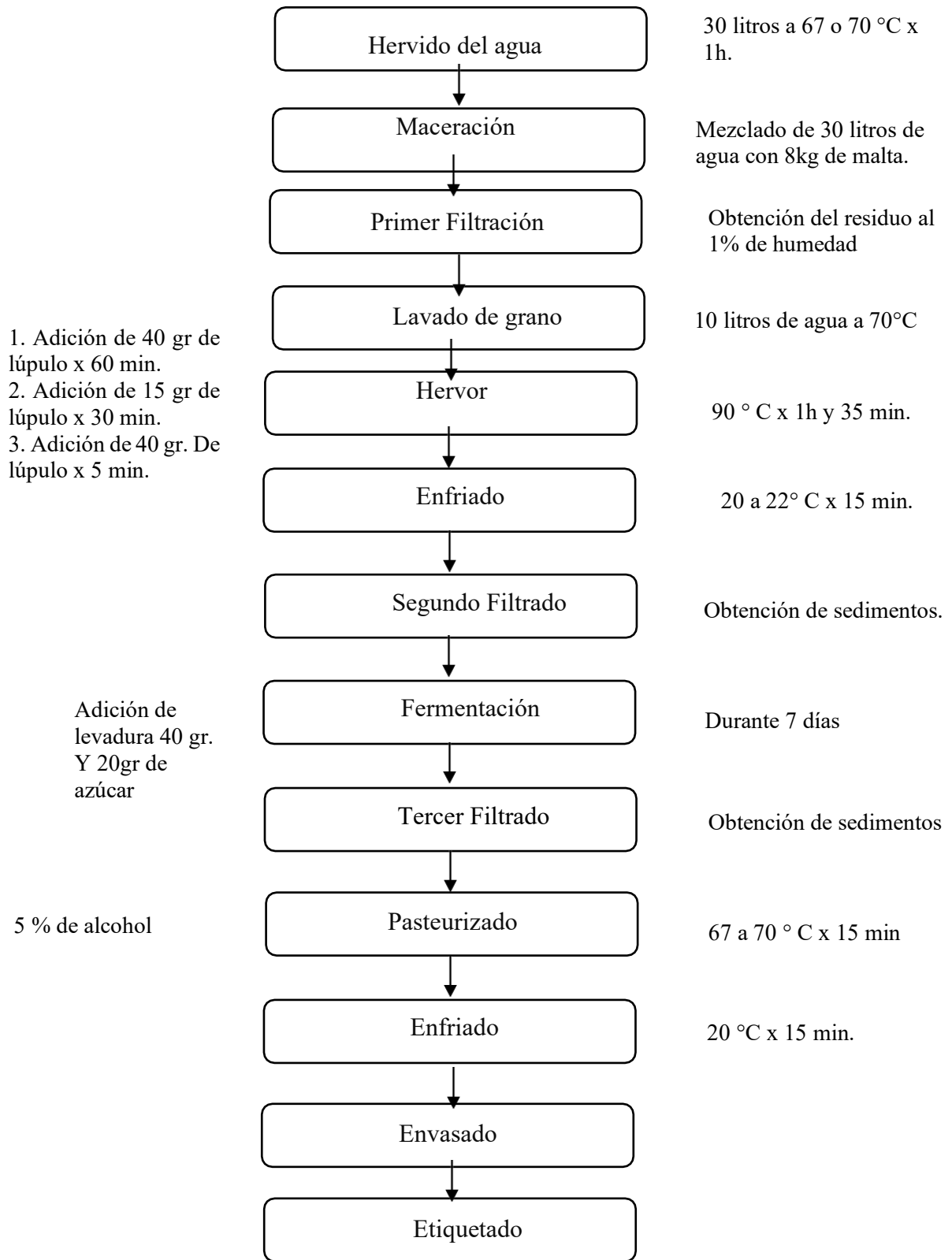
Descripción del proceso

Para la preparación de la malata, se realizó los siguientes pasos.

1. **Recepción de la materia prima:** en esta etapa se recolecta la materia prima a utilizar que es la cebada proveniente de la ciudad de Guaranda.
2. **Lavado:** una vez obtenido la cebada lavamos bien para obtener un producto limpio y transparente.
3. **Secado:** colocando en mallas sacamos al sol para que se seque naturalmente por unos días.
4. **Malteado:** en este proceso se procede a tostar la cebada de un color amarillento o dependiendo el color del producto que se desee obtener ya que así nos proporcionara sabor color aroma en el producto a realizar.
5. **Pesado:** en esta etapa se procede a pesar 8 kg de malta, 40 gr de levadura y 95 gr de lúpulo.

Figura 3

Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de cerveza artesanal en la planta



3.3.2. Elaboración de cerveza artesanal en la planta piloto

Descripción del proceso

Para el proceso de elaboración de la cerveza en la planta piloto, se realizó los siguientes pasos.

1. **Hervido del agua:** en la primera olla denominada olla de licor procedemos a colocar 30 litros de agua hasta alcanzar una temperatura de 70°C durante 1 hora.
2. **Macerado:** en esta etapa traspasamos los 30 litros de agua a la segunda olla denominada olla de maceración donde se mezcla los 30 litros de agua con 8 kg de malta dejando reposar por 15 minutos manteniendo su temperatura.
3. **Primer filtrado del mosto:** Tras la maceración, se separa el mosto líquido de los restos de malta. Para ello filtramos el mosto a través de la malla metálica que contiene el equipo cervecero, en ambos casos se separa el líquido del sólido, a este último le llamamos bagazo y normalmente es reaprovechado para alimentación animal.
4. **Lavado de grano:** en esta etapa agregamos 10 litros de agua para sacar todo el azúcar q hay en la malta.
5. **Hervido:** una vez filtrado el mosto se lleva a la tercera olla a ebullición durante 1 hora y 30 minutos con una temperatura de 90° C, pasado ese tiempo se procede agregar 40 gr de lúpulo en el primer hervor para luego dejar hervir por un tiempo de 60 min, para que pueda aportar amargor a la cerveza, también pasado ese tiempo se procede agregar 15 gr de lúpulo para q aporte sabor a la cerveza y le dejamos hervir durante 30 min, y al finalizar el hervor se le procede agregar 40gr de lúpulo para que aporte aroma a la cerveza y procedemos a la cocción durante 5 min. Además, durante esta etapa se esteriliza el mosto, se coagulan proteínas y se evaporan aromas indeseables. Normalmente este proceso dura en torno a una hora o más. Dependiendo del estilo de cerveza que se esté elaborando.
6. **Enfriado:** una vez obtenida el producto en su punto procedemos a enfriar rápidamente hasta dejarlo en una temperatura de 20 °C.
7. **Segundo filtrado:** luego de obtener el producto en una temperatura deseada Posteriormente el mosto final es sometido a una especie de centrifugado o Whirlpool para ser fermentado.
8. **Fermentación:** Luego de obtener el producto en el fermentador a una

temperatura de 20°C, procedemos a agregar 40 gr de levadura y 20gr de azúcar para luego sellarlo y dejar q se fermente durante 7 días. Durante la fermentación se transforman los azúcares fermentables en alcohol y CO₂, al tiempo que se generan una gran variedad de compuestos, muchos de los cuales contribuyen a darle los aromas característicos tan populares de la cerveza.

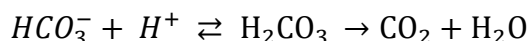
9. **Tercer filtrado:** luego de los 7 días de fermentación se procede a separar los sedimentos del mosto fermentado.
10. **Pasteurizado:** en esta etapa se procede a colocar en la olla de hervido el mosto para llevarlo a hervir a una temperatura de 70°C durante 15 min con un porcentaje de alcohol de 5%.
11. **Enfriado:** en esta etapa una vez hervido el mosto fermentado procedemos a enfriar rápidamente hasta obtener una temperatura de 20°C.
12. **Envasado:** Generalmente al terminar el proceso se procede a envasar el producto en sus respectivas botellas de vidrio.
13. **Etiquetado:** luego de a ver sellado y envasado el producto se coloca su respectiva etiqueta dando a conocer su marca.

3.4. Determinación de un diagnóstico del sitio de implementación.

Se pueden discurrir a reacciones químicas potenciales o condiciones físico químicas que afectan la calidad del producto final.

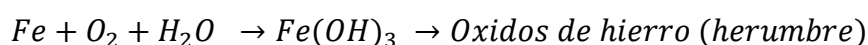
- **Calidad del agua disponible (insumo clave)**

El agua puede contener iones como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- que afectan el pH del mosto y la actividad enzimática. Las reacciones de equilibrio ácido-base incluyen carbonatos que pueden alcalinizar el medio y alterar las enzimas durante la maceración.



- **Corrosión del equipo en contacto con agua o mosto**

En este proceso, si el sitio tiene alta humedad o agua agresiva (con un alto contenido de cloruros), pueden ocurrir reacciones de corrosión en el acero inoxidable:



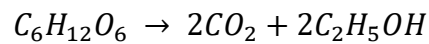
- **Condiciones de temperatura ambientes**

En esta etapa, la temperatura sí influye en las reacciones enzimáticas y fermentativas. Por

ejemplo, la velocidad de reacción (cinética) varía según la ecuación de Arrhenius: $Velocidad \propto e^{\frac{-E_a}{RT}}$ = Ecuación de Arrhenius

- **Ventilación y control de gases**

Es fundamental considerar el riesgo de acumulación de CO₂ durante la fermentación, ya que esto puede oxidar el producto. Para evitarlo, es necesario contar con espacios abiertos o sistemas de extracción.



- **Compatibilidad del sitio con limpieza**

Se determina el uso de agentes como NaOH (sosa cáustica), ácido peracético o ácido nítrico para la limpieza, ya que de esta manera se logra extraer la disolución de proteínas



- **Condiciones de instalación eléctrica y térmica**

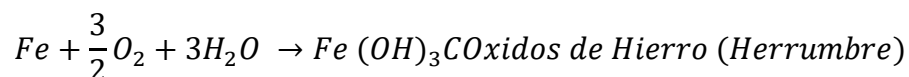
El sistema de calentamiento juega un papel crucial en las reacciones de isomerización del lúpulo y en el control enzimático. Cortes de energía o picos de tensión pueden interrumpir reacciones térmicas que son esenciales.

3.5. Determinación de reacciones químicas en la instalación de una planta piloto:

Es importante considerar ciertas reacciones químicas durante la instalación de un equipo cervecero y están relacionados con:

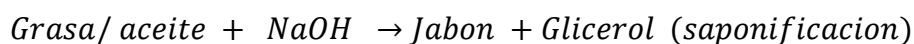
- **Reacciones de corrosión**

Si las tuberías, fermentadores o intercambiadores no están hechos de un acero inoxidable adecuado, como AISI 304 o 316, corren el riesgo de oxidarse, Prevención: utiliza materiales inoxidables y realiza limpiezas pasivadoras con ácido nítrico o ácido cítrico. Ejemplo de corrosión en presencia de agua y oxígeno

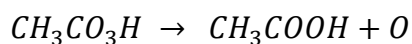


- **Reacciones con agentes de limpieza y desinfección**

Durante la instalación se limpian y desinfectan todas las superficies internas del equipo, como por ejemplo la Soda caustica (NaOH) reacciona con residuos orgánicos:



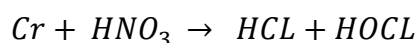
Como también se puede realizar la Desinfección con ácido peracético: permite la (Liberación de oxígeno activo para desinfección).



- **Reacciones de pasivación del acero inoxidable**

Crear una capa protectora de óxido de cromo en las superficies metálicas. Ya que puede afectar a los materiales si no se les lava bien.

Pasivación con ácido nítrico:



3.5. Determinación del balance de masa en la elaboración de cerveza artesanal mediante un equipo piloto:

Tabla 3

Ingredientes principales

Ingredientes	Cantidad inicial	Formula
Agua	40 L	H_2O
Malta(almidón)	8kg	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$
Lúpulo	95g	Ácidos alfa(amargor)
Levadura	40g	<i>Saccharomises cerevisiae</i>

Nota. en el siguiente cuadro se presenta los ingredientes principales para la elaboración de cerveza artesanal de 40 litros.

Reacciones en las etapas del proceso:

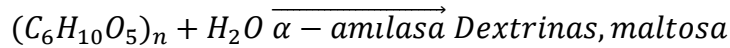
- **Maceración**

Durante esta fase, el almidón de la malta se transforma en azúcares fermentables gracias a enzimas que se activan con la temperatura y el pH.

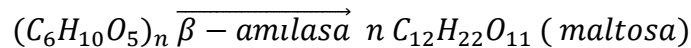
Reacciones principales:

Hidrolisis del almidón:

Alfa – amilasa (endoenzima) permite romper enlaces α -1,4 dentro de la cadena de amilosa /amilopectina.

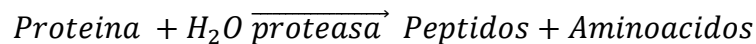


Beta-amilasa (exoenzima) libera maltosa desde los extremos de la cadena.



Hidrolisis de proteínas:

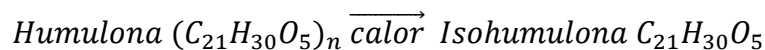
Durante la hidrolisis las Proteasas degradan proteínas largas en péptidos y aminoácidos libres.



- **Cocción del mosto**

Durante este proceso, se lleva a cabo la esterilización, se inactivan las enzimas que coagulan las proteínas, y se extraen y transforman compuestos del lúpulo.

Las reacciones principales son las siguientes: - Isomerización de los alfa-ácidos del lúpulo: gracias al calor, estos se convierten en isoalfa-ácidos, que son más solubles y responsables del amargor.



Reacciones de Maillard (entre azúcares reductores y aminoácidos): se forman melanoidinas que aportan color y un sabor tostado.



- **Fermentación**

Durante este proceso, las levaduras, como *Saccharomyces cerevisiae* o *pastorianus*, convierten azúcares en etanol y dióxido de carbono (CO₂). Las reacciones principales incluyen: Glucólisis y fermentación alcohólica: es la conversión anaeróbica de glucosa:



Además, se produce la formación de ésteres, que son responsables de los aromas frutales.

Esto ocurre a través de la reacción entre alcoholes y ácidos orgánicos:



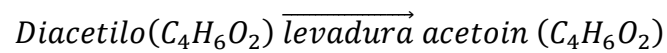
- **Maduración / Acondicionamiento**

En este proceso, se consigue la estabilización, clarificación y un ajuste del perfil sensorial.

Reacciones principales: Oxidación leve de alcoholes a aldehídos o cetonas (puede ser indeseada si es excesiva).



Descomposición de diacetilo



Reacciones de polimerización ligera de proteínas y polifenoles (clarificación natural).

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Interpretación de resultados

Para la presente investigación se obtuvieron los siguientes cálculos en función al objetivo planteado.

4.1.1. Caracterización del sitio de implementación de un equipo cervecero.

Se realizó el diagnóstico técnico-sanitario del área destinada a la instalación del equipo cervecero en la planta de procesamiento agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar, ubicada en la ciudad de Guaranda, provincia de Bolívar, Ecuador. El espacio evaluado, de aproximadamente 9,49 m², se encuentra dentro del perímetro institucional, en una zona designada para uso educativo, con acceso vehicular y peatonal adecuado, lo que facilita la movilización de insumos, equipos y productos terminados.

4.1.2. Ubicación y características físicas del sitio

El sitio está georreferenciado dentro del campus universitario, con condiciones topográficas favorables (terreno nivelado y de fácil acceso). La infraestructura existente incluye energía eléctrica trifásica, conexión a la red de agua potable, sistema de drenaje, ventilación natural, y espacios cercanos para el almacenamiento de insumos y productos. El piso es de baldosa resistente, y las paredes son lavables, lo que facilita la limpieza y el mantenimiento.

4.1.3. Condiciones sanitarias y ambientales

El área se encuentra en buen estado de limpieza general. No se identificaron fuentes evidentes de contaminación inmediata, aunque se recomienda mejorar la ventilación e implementar una delimitación clara entre áreas de producción y almacenamiento. El espacio cumple con los lineamientos del Reglamento Sanitario de Alimentos (RSA) y con las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) establecidas en la Norma INEN 2531:2013, garantizando condiciones adecuadas de inocuidad.

4.1.4. Factibilidad técnica

El espacio cuenta con las condiciones estructurales necesarias para soportar el peso de los equipos como biorreactores, tanques, filtros, embotelladora y cámara de frío, así como para facilitar el tránsito operativo. Se dispone del suministro básico requerido: agua potable, energía eléctrica trifásica, drenaje y ventilación natural.

4.1.5. Normativa y viabilidad legal

El sitio cumple con el uso de suelo institucional permitido y con los requisitos para obtener permisos de funcionamiento ante el GAD municipal. Asimismo, se encuentra en condiciones de gestionar licencias sanitarias y de producción emitidas por ARCSA, previa implementación de mejoras menores.

4.1.6. Factibilidad logística

La planta posee accesos viales adecuados para el ingreso de materias primas y suministros. Además, se encuentra relativamente cercana a proveedores de malta, lúpulo, levaduras, botellas y etiquetas. El espacio permite establecer un flujo lineal de producción, desde la recepción hasta el almacenamiento del producto final.

4.1.7. Análisis de riesgos

Se identificaron potenciales riesgos relacionados con fugas de vapor, sobrecalentamientos y riesgos eléctricos, para lo cual se recomienda la instalación de extintores, señalización y salidas de emergencia conforme a las normativas de seguridad industrial vigentes (ALIMENTOS, 2017)

La disposición de los espacios permite el diseño de un flujo de producción lineal, desde la recepción de materia prima hasta el embotellado, con áreas diferenciadas para operaciones limpias y sucias, como lo demanda la Normativa Sanitaria Ecuatoriana (2025), Se manifiesta a través de la necesidad de un registro y notificación sanitaria para comercializar productos que puedan impactar la salud pública.

4.1.8. Servicios Básicos Disponibles

El área seleccionada para la instalación del equipo cervecero cuenta con acceso a servicios básicos esenciales, los cuales cumplen con los requisitos técnicos y sanitarios establecidos por la normativa ecuatoriana vigente:

- **Agua potable:** El suministro proviene de la red pública y cumple con la Norma INEN 1108:2014, garantizando su aptitud para el procesamiento de alimentos. Para procesos críticos como la maceración, lavado y limpieza, se implementará un sistema de filtrado adicional que asegure una mayor pureza y calidad microbiológica del agua utilizada.
- **Energía eléctrica:** El sitio dispone de un sistema de distribución eléctrica trifásico (220/380 V) con capacidad suficiente para operar equipos como bombas, resistencias eléctricas, agitadores y sistemas de enfriamiento. La instalación se ajusta a los lineamientos del Reglamento de Instalaciones Eléctricas del Ecuador, asegurando condiciones seguras y eficientes para su operación.
- **Gas licuado de petróleo (GLP):** La planta cuenta con una instalación externa de cilindros de GLP conforme al Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 049, destinada al abastecimiento de los sistemas de calentamiento requeridos en el proceso cervecero.
- **Drenaje y tratamiento de efluentes:** Existe conexión funcional a la red interna de aguas residuales. Se proyecta la instalación de una trampa de grasas y un sistema de pretratamiento de efluentes, en cumplimiento con el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) emitido por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).

4.2. Equipamiento y Operación

El equipo de procesamiento cervecero cuenta con los siguientes componentes y condiciones operativas:

- **Recipientes de cocción:** Construidos en **acero inoxidable**, adecuados para garantizar la inocuidad en el procesamiento térmico. Algunos accesorios son de

materiales no inoxidable, lo cual requerirá validación y posible sustitución para cumplir con **Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)**.

- **Fermentadores:** Fabricados en material plástico apto para uso alimentario, según información proporcionada por el operador. Su uso será evaluado bajo criterios de calidad y seguridad alimentaria.
- **Cámara de frío:** Construida in situ, destinada al almacenamiento de producto terminado, contribuyendo a la conservación de la calidad y vida útil de la cerveza.
- **Personal operativo:** El proceso está a cargo de dos personas en calidad de **socios**, quienes desempeñan funciones de producción y control de calidad. La elaboración se realiza de forma manual y artesanal, siguiendo un protocolo empírico basado en recetas registradas en soporte físico (papel).

4.2.1. Aspectos Sanitarios y Ambientales

El sitio de implementación se encuentra en una zona libre de riesgos de inundación y alejada de fuentes directas de contaminación ambiental. El diseño de la planta incluye corrientes cruzadas de aire, iluminación protegida y condiciones sanitarias adecuadas, cumpliendo con lo dispuesto en la Norma INEN 2531:2013 sobre Buenas Prácticas de Manufactura para establecimientos de alimentos.

El manejo de residuos sólidos generados durante la producción (bagazo, levadura residual, material filtrante) se planifica en articulación con productores agropecuarios locales, para su reutilización como alimento animal o insumo para compostaje, alineándose con la política institucional de sostenibilidad de la Universidad Estatal de Bolívar y los principios establecidos en el Código Orgánico del Ambiente (COA).

4.2.2. Cumplimiento Normativo

El proyecto se encuentra en proceso de adecuación para cumplir con los marcos normativos nacionales e internacionales aplicables, incluyendo:

- Reglamento Sanitario de Alimentos del Ecuador (RSA)
- Norma INEN 1108:2014 (**agua potable**)
- Norma INEN 2531:2013 (**BPM**)
- RTE INEN 049 (**instalaciones de GLP**)

- Reglamento de Instalaciones Eléctricas del Ecuador
- TULAS-MAATE
- Código Orgánico del Ambiente (COA)

Tabla 4

Cumplimiento normativo

Normativa	Aplicación
Reglamento Sanitario de Alimentos Ecuador (RSA)	Inocuidad y condiciones sanitarias en plantas de alimentos
Norma INEN 2531:2013	Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)
Norma INEN 1108:2014	Calidad del agua para uso en alimentos
TULAS (MAATE)	Manejo de efluentes y residuos industriales
Código Orgánico del Ambiente (COA)	Gestión ambiental, prevención de contaminación
RTE INEN 049	Seguridad en instalaciones de GLP
Reglamento de Seguridad e Higiene Industrial	Seguridad ocupacional durante el proceso productivo
Codex Alimentarius	Directrices internacionales de higiene de los alimentos
ISO 22000 (referencial)	Sistema de gestión de inocuidad alimentaria
ISO 14001 / ISO 45001 (referenciales)	Gestión ambiental y de seguridad ocupacional (opcional, para implementación futura)

Nota: la siguiente tabla muestra el cumplimiento normativo en el diagnóstico del sitio implementado

Tabla 5

Análisis FODA del Sitio

Fortalezas	Oportunidades
Infraestructura existente y adaptable para procesos limpios	Fortalecimiento de la formación práctica de estudiantes

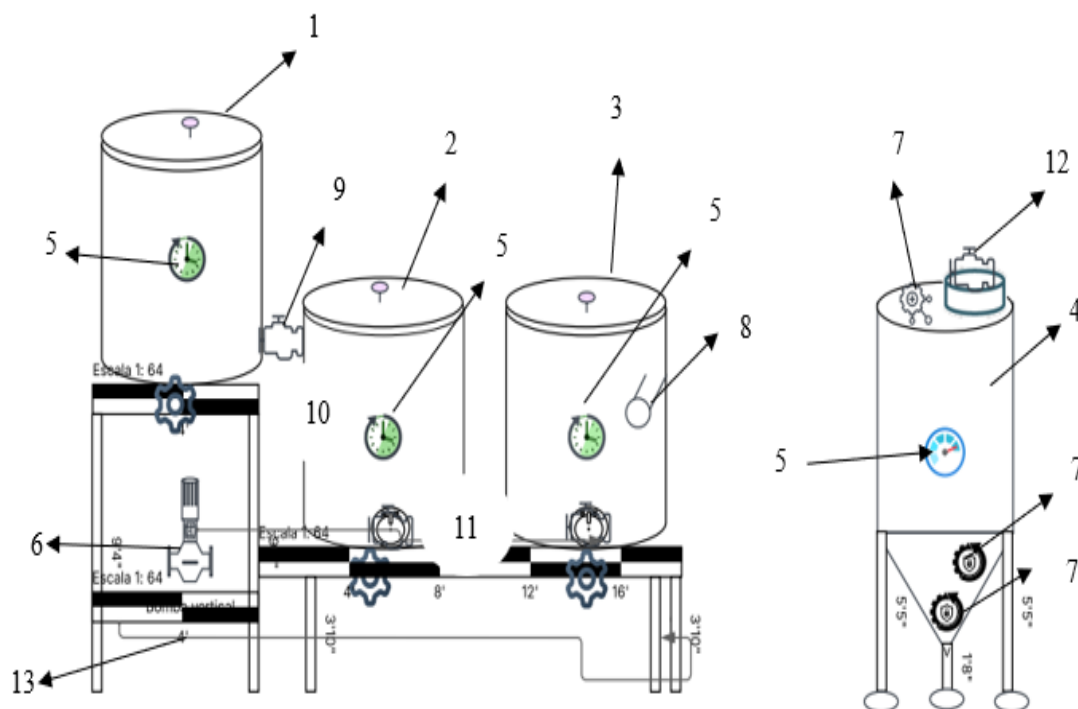
Fortalezas	Oportunidades
Acceso a servicios básicos en condiciones óptimas	Potencial para producción experimental y desarrollo de productos
Apoyo institucional y académico	Posibilidad de vinculación con proyectos de investigación
Debilidades	Amenazas
Limitado espacio para expansión futura	Posibles demoras en trámites de permisos sanitarios
Falta de automatización total en algunos procesos iniciales	Cambios en normativas ambientales o sanitarias

Nota: el cuadro representa el análisis FODA del sitio implementado para la planta piloto.

4.3. Instalación de la planta piloto en el complejo agroindustrial.

Figura 4

Equipo cervecero



Nota: En la siguiente figura se muestra el equipo cervecero. Elaboración propia.

Tabla 6*Componentes de una planta piloto de cerveza artesanal*

Componentes	Componentes
1.- Olla de licor	7.- Válvula de 1" y 1" ½
2.- Olla de maceración	8.- Entrada Whirlpool
3.- Olla de hervido	9.- Llave de paso
4.- Fermentador	10.- Barral de lluvia
5.- Termómetro	11.- Malla metálica
6.- Bomba magnética	12.- Tapa
	13.- manguera de gas

Nota: Tabla de los componentes de un equipo cervecero. Elaboración propia

Para la instalación de un equipo cervecero incluye planificar la logística, garantizar cimientos sólidos, conectar los recipientes, probar el sistema y calibrar los sensores. Donde la primera olla denominada “olla licor” comienza con el proceso de elaboración. En ella se procede a calentar el agua que se utiliza a 78° C. Luego se debe realizar un pasaje a una segunda olla, la cual recibe el nombre de “olla de macerado”.

En dicha olla se incorporan los cereales y demás aditivos. Este proceso es fundamental en la elaboración de cerveza artesanal, por lo que dentro de esta olla se encuentran otros elementos que favorecen el proceso.

Estos elementos son:

Falso fondo: ubicado a diez centímetros de la base de la olla, posee ranuras que permiten el filtrado de los cereales y aditivos.

Malla metálica de acero inoxidable 304, lo que junto al falso fondo aseguran un líquido libre del 90% de impurezas que desprenden los cereales y aditivos.

Barral de lluvia: es un cilindro hueco de acero inoxidable roscado, cuya función es el recirculado del mosto, que se realiza en la misma olla luego de la maceración de los granos. La ventaja que posee dicho sistema es que se produce con una correcta oxigenación. Al realizar el pasaje del mosto a la tercera y última olla, se vuelve a introducir agua en la olla de macerado, con el fin de extraer la mayor cantidad de elementos fermentables al lavar el grano hasta formar la densidad deseada del mosto.

Luego de obtener el mosto deseado, en la tercera olla, conocida como “olla de hervor”, se calienta el líquido a temperatura de ebullición y se agrega el 70% de lúpulo, luego de 60 minutos de cocción se agrega el 30% restante. Esta última olla cuenta con la entrada Whirlpool.

Whirlpool: es una entrada transversal a la olla cuyo fin es la circulación del mosto. El cual sale por la parte inferior de la olla y reingresa por la parte superior. Con este proceso se logra homogeneizar la densidad de la mezcla favorablemente. Una vez vaciada la olla de macerado (2da olla), el usuario podrá anexar el equipamiento necesario para el enfriado del mosto.

El equipo consta de una bomba eléctrica cuya función es transportar y recircular el líquido de una olla a la otra. Luego de obtener el mosto a una temperatura de 20°C trasparamos al fermentador con la ayuda de la bomba magnética en la cual agregamos la levadura para obtener su respectivo licor.

4.4. Balance general del sistema

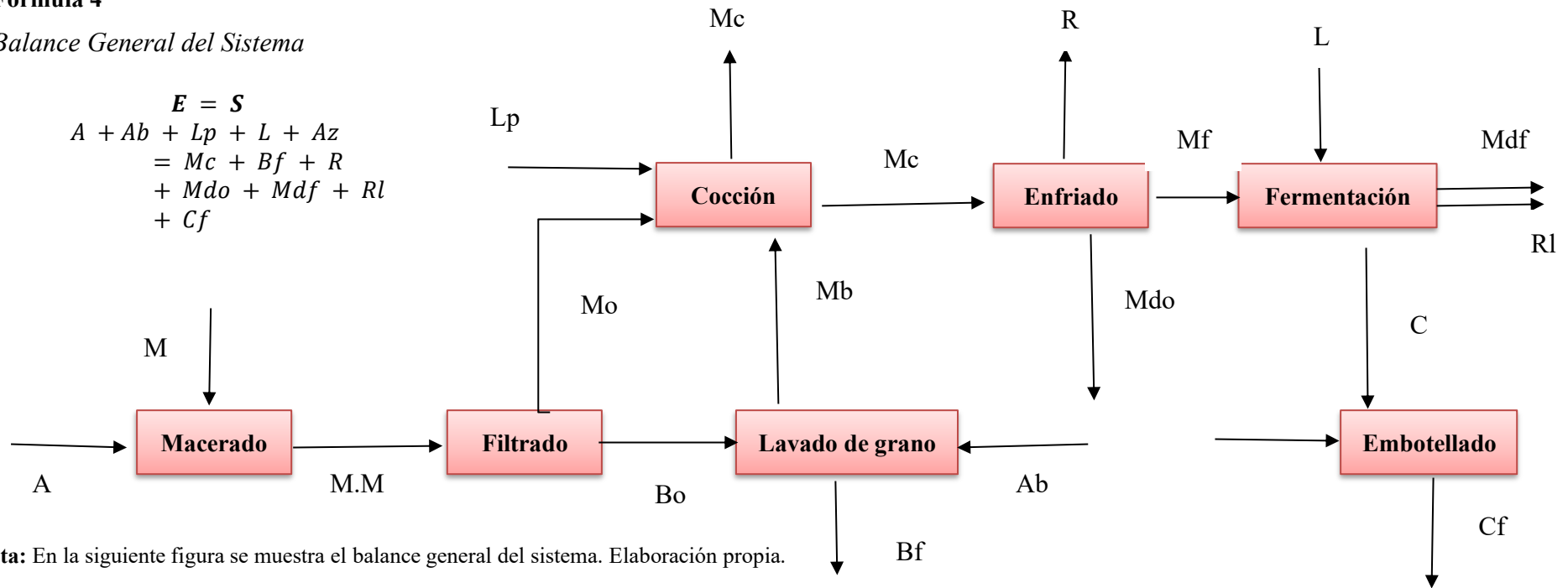
Figura 5

Balance General del Sistema

Formula 4

Balance General del Sistema

$$\begin{aligned}
 E &= S \\
 A + Ab + Lp + L + Az &= Mc + Bf + R \\
 &+ Mdo + Mdf + Rl \\
 &+ Cf
 \end{aligned}$$



Nota: En la siguiente figura se muestra el balance general del sistema. Elaboración propia.

Donde:

A = Agua

M = Malta

M.M = Mezcla de macerado

Bo = Bagazo inicial

Bf = Bagazo final

Ab = Agua para lavado

Cf = Cerveza final

C = Cerveza

Rl = Residuo de levadura

L = Levadura

Mdo = Muestra de densidad inicial

Mf = Mosto final

R = Residuo del lúpulo

Mc = mosto de cocción

Mc = mosto evaporado

Mb = Mosto de lavado de grano

Mo = Mosto inicial

Lp = Lúpulo

4.4.1. Balance de los subsistemas del proceso

Tabla 7

Cantidades iniciales

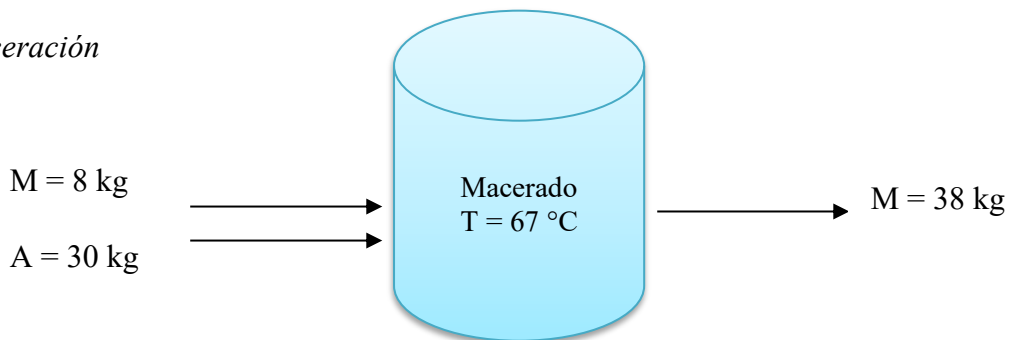
Entrada	Cantidad
Malta seca	8 kg
Agua	40 gr
Lúpulo	95 gr
Levadura	40 gr

Nota. en el siguiente cuadro se presenta las cantidades iniciales. Elaboración propia

- **Maceración**

Figura 6

Maceración



Nota: Balance de masa en la etapa de macerado. Elaboración propia.

Formula 5

Cálculo en la etapa de macerado

$$M + A = M$$

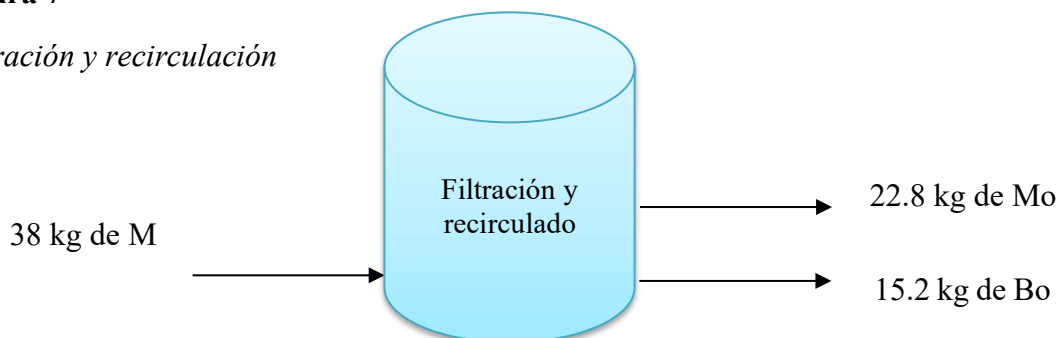
$$M = 8 \text{ kg} + 30 \text{ kg}$$

$$M = 38 \text{ kg}$$

- **Filtración y recirculación**

Figura 7

Filtración y recirculación



Nota: Balance de masa en la etapa de filtrado y recirculado. Elaboración propia

Formula 6

Cálculo en la etapa de filtrado y recirculado

$$M = Mo + Bo$$

$$Mo = M - Bo$$

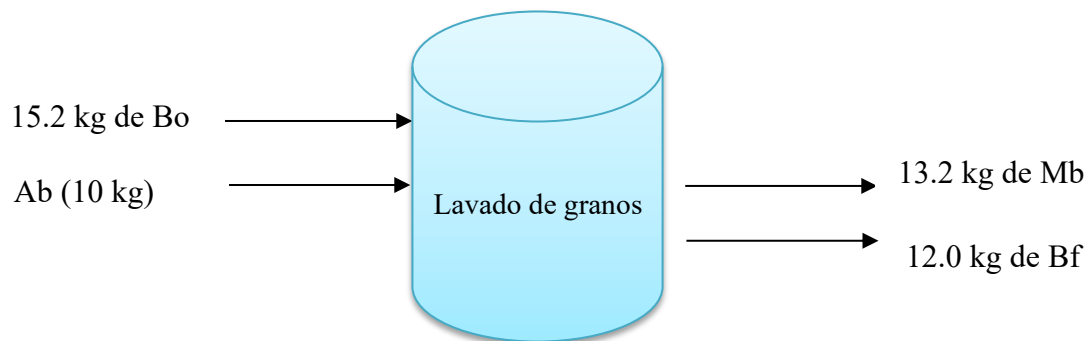
$$Mo = 38 \text{ kg} - 15.2 \text{ kg}$$

$$Mo = 22.8 \text{ kg}$$

- **Lavado de granos**

Figura 8

Lavado de granos



Nota: Balance de masa en la etapa de lavado de granos. Elaboración propia

Formula 7

Cálculo en la etapa de lavado de granos

$$Bo + Ab = Mb + Bf$$

$$Mb = Bo + Ab - Bf$$

$$Mb = 15.2 \text{ kg} + 10 \text{ kg} - 12.0 \text{ kg}$$

$$Mb = 13.2 \text{ kg}$$

- **Cocción**

Formula 8

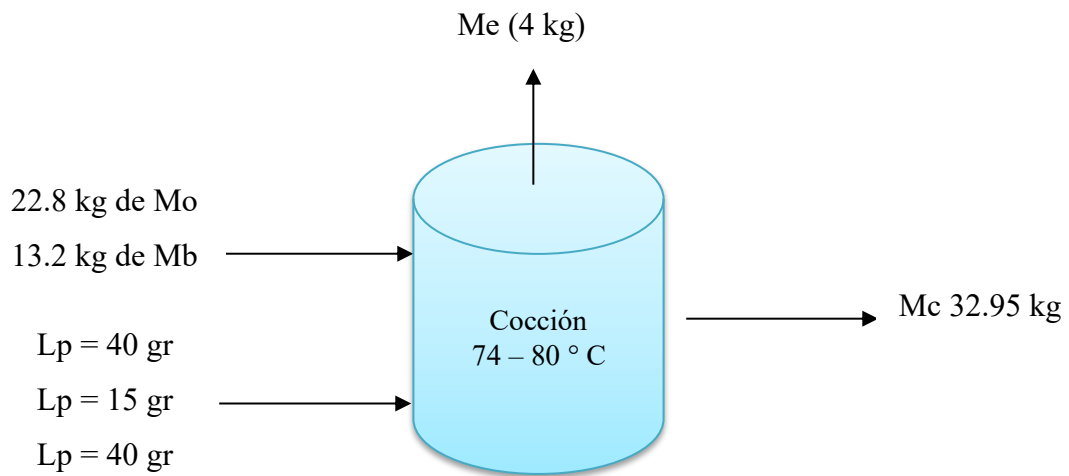
Cálculo del agua evaporada

Agua evaporada = 10% x agua inicial

Calculo = (0.10)x (40kg) = 4kg de agua evaporada

Figura 9

Cocción



Nota: Balance de masa en la etapa de cocción. Elaboración propia

Formula 9

Cálculo en la etapa de cocción

$$M_o + M_b + L_p + L_p + L_p = M_c + M_e$$

$$M_c = M_o + M_b + L_p + L_p + L_p - M_e$$

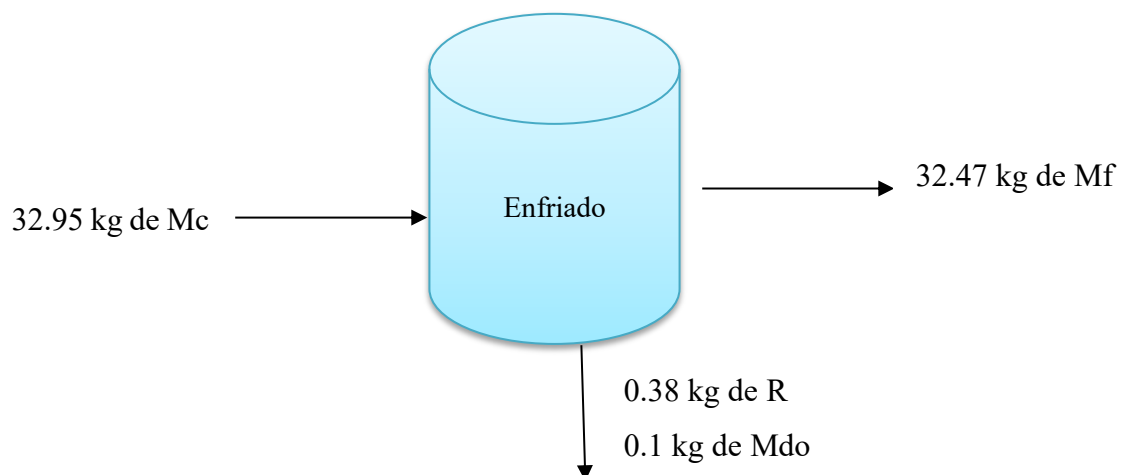
$$M_c = 22.8 \text{ kg} + 13.2 \text{ kg} + 0.95 \text{ kg} - 4 \text{ kg}$$

$$M_c = 32.95 \text{ kg}$$

- **Enfriado**

Figura 10

Enfriado



Nota: Balance de masa en la etapa de enfriado. Elaboración propia

Formula 10

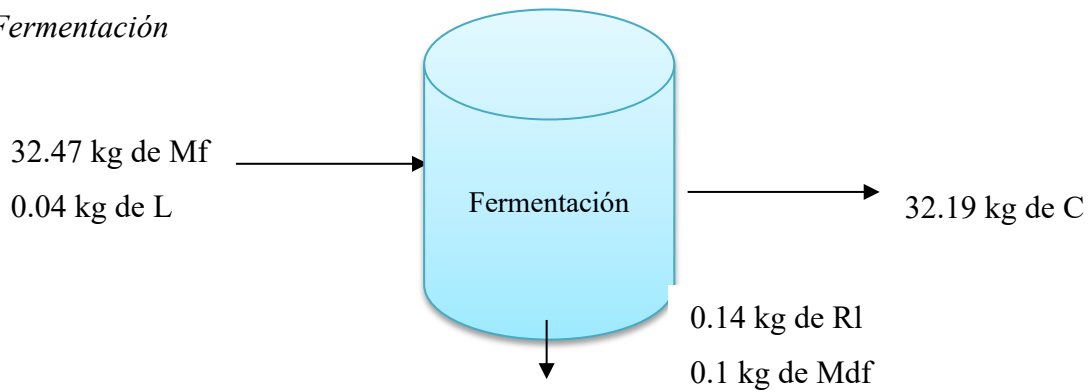
Cálculo en la etapa de enfriado

$$\begin{aligned}M_c &= R + M_{do} + M_f \\M_f &= M_c - R - M_{do} \\M_f &= 32.95 \text{ kg} - 0.38 \text{ kg} - 0.1 \text{ kg} \\M_f &= 32.47 \text{ kg}\end{aligned}$$

- **Fermentación**

Figura 11

Fermentación



Nota: Balance de masa en la etapa de fermentación. Elaboración propia

Formula 11

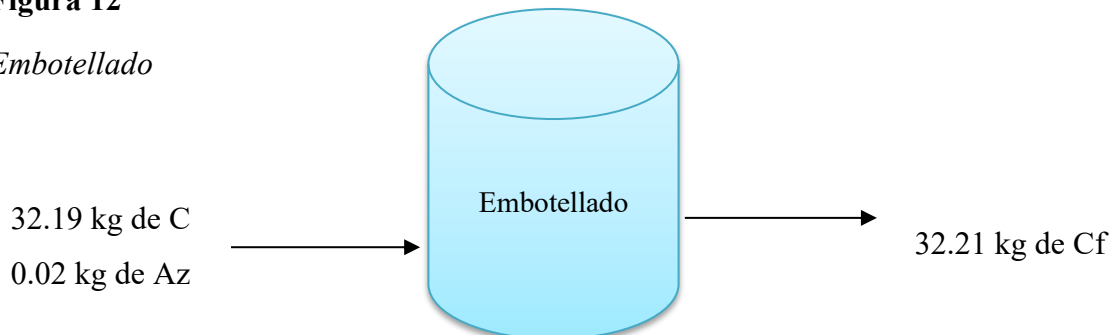
Cálculo en la etapa de fermentación

$$\begin{aligned}M_f &= C + Rl + Mdf \\C &= M_f - Rl - Mdf \\C &= 32.47 \text{ kg} - 0.04 \text{ kg} - 0.14 \text{ kg} - 0.1 \text{ kg} \\C &= 32.19 \text{ kg}\end{aligned}$$

- **Embotellado**

Figura 12

Embotellado



Nota: Balance de masa en la etapa de embotellado. Elaboración propia

Formula 12

Cálculo del Balance General del Estado (Masa de Entrada y Salida)

$$E = S$$

$$A + M + Ab + Lp + L + Az = Me + Bf + R + Mdo + Mdf + Rl + Cf$$

$$30 \text{ kg} + 8 \text{ kg} + 10 \text{ kg} + 0.95 \text{ kg} + 0.04 \text{ kg} + 0.02 \text{ kg}$$

$$= 4 \text{ kg} + 12 \text{ kg} + 0.38 \text{ kg} + 0.1 \text{ kg} + 0.1 \text{ kg} + 0.14 \text{ kg}$$

$$+ 32.21 \text{ kg}$$

$$49 \text{ kg} = 49 \text{ kg}$$

4.4.2. Cálculo de la eficiencia del equipo cervecero

A continuación, se presenta el cálculo de la eficiencia de un equipo cervecero Ubicado en la Universidad Estatal de Bolívar.

Malta: 8 kg

Densidad inicial (OG): 1.060 = 60 puntos

Volumen recolectado: 32.21 L

Rendimiento potencial de la malta: 300

Puntos totales potenciales

$$PTP = 8 \text{ kg} \times 300 = 2400$$

Puntos totales obtenidos

$$PTO = 32.21 \text{ l} \times 60 = 1932.6 \text{ puntos}$$

Eficiencia del equipo

Formula 13

Cálculo de la eficiencia

$$Eficiencia = \left(\frac{1932.6}{2400} \right) \times 100 = 80.5 \%$$

4.4.3. Cálculo del grado alcohólico de la cerveza

A continuación, se presenta el cálculo del grado alcohólico obtenido en la producción de cerveza artesanal.

Formula estándar para ABV:

Formula 14

Cálculo del grado alcohólico de la cerveza

$$ABV (\%) = (OG - FG) \times 131.25$$

$$OG = 1.060$$

$$FG = 1.010$$

$$ABV = (1.060 - 1.010) \times 131.25 = 0.040 \times 131.25 = 5.25 \%$$

4.5. Comprobación de la hipótesis

Una vez realizado el estudio, se determinó que la planta piloto instalado presenta un rendimiento óptimo de producción del 80 %, siendo así un equipo favorable para la producción de cerveza artesanal. por lo que dicho a lo anterior se procede a rechazar la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis (H_a).

CAPITULO V

5.1. CONCLUSIONES

- La planta de procesamiento de alimentos de la Universidad Estatal de Bolívar ofrece condiciones físicas, técnicas y normativas favorables para la implementación de un equipo cervecero a escala piloto, su adecuación permitirá cumplir con los requerimientos establecidos por la normativa sanitaria ecuatoriana, así como desarrollar practicas académicas, investigativas y productivas con un enfoque en la innovación y sostenibilidad.
- La instalación del equipo cervecero de 50 litros en el Complejo Agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar es viable y estratégica, siempre que se apliquen adecuaciones mínimas en infraestructura, manejo de residuos, y condiciones de seguridad e higiene. El equipo funcionará como un recurso de formación práctica, desarrollo tecnológico y vinculación universitaria, con capacidad operativa adecuada al espacio reducido disponible.
- Durante la aplicación del balance de masa se pudo determinar las masas de entrada como las de salida, además se estableció el grado de alcohol que contiene la cerveza realizada, como también se pudo comprobar la eficiencia del equipo cervecero donde se obtuvo un rendimiento del 80 % siendo así un equipo eficiente para su producción.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda estar bien capacitado en las técnicas de elaboración de productos fermentados y en prácticas de seguridad alimentaria para que el producto final sea de calidad.
- Mezclar correctamente todos los reactivos e insumos a utilizar en sus tiempos y temperaturas adecuadas para así obtener un producto fiable.
- Se recomienda tener cuidado con la maquina cervecera durante su proceso ya que podría presentarse alguna lesión o algún tipo de quemadura.

BIBLIOGRAFIA

- Alfaro, E. D. (2024). "Potencial impacto multisectorial manufacturero del nearshoring en los estados de la frontera norte de México: un enfoque de insumo producto." . *Contaduría y administración* 69.3 : 170-191.
- Altamirano Tlali, K. A. (2023). "Análisis de las variables de un proceso de absorción para su operación en estado estacionario."
- Alvarado Bezada, J. L. (2023). "Efecto de pigmentación con cerveza tipo lager y tipo dark lager en resina compuesta-estudio in vitro."
- Arandes, J. A. (2023). "El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva. Un ejemplo de aplicación práctica utilizado para conocer las investigaciones realizadas sobre la imagen de marca de España y el efecto país de ori."
- Argenis, J. M., Campozano, M. R., & Barberán, L. M. (2023). "Perspectivas de comercialización de cerveza artesanal como producto gastronómico en la ciudad de Manta, Ecuador." . *Ciencia UNEMI* , 16.41.
- Bueno Cabello, J. B. (2023). "Evaluación de la influencia de la temperatura de fermentación en la reducción del diacetilo de una Cerveza Lager en Heineken Perú, Huachipa."
- Casa Lema, W. R. (2023). "Aplicación tecnológica de la olla de cocción para bebidas fermentadas en el proceso de transformación agroindustrial."
- Chávez, J. F. (2024). "Impacto de la actividad física en la prevención de enfermedades cardiovasculares: un análisis sistemático." . *Científica De Salud Y Desarrollo Humano* 5.2 274-302.
- Checa Montenegro, N. X. (2023). *Análisis de la Cadena Productiva de la Cebada Maltera en la Sierra Centro del Ecuador, Período 2015–2018*. MS thesis. Universidad Ncional de Chimborazo.
- Cordoba, Tapia, Culcay, & Satan. (2023). *Características socioeconómicas de los productores de cebada maltera en la región de Chimborazo, Ecuador*.
- de Jesús Montilla Pacheco, A. M. (2023). "Perspectivas de comercialización de cerveza artesanal como producto gastronómico en la ciudad de Manta, Ecuador." . *Revista Ciencia UNEMI* 16.41 .

- Delgado Portela, B. M. (2024). Evaluación de riesgos disergonómicos posturales en trabajadores del área de la planta piloto de la (UDI-CEAT). Diss. Universidad de Matanzas. Facultad de Ingeniería Industrial.
- Díaz Ricaurte, F. N. (2020). "Acompañamiento administrativo para el estudio de viabilidad de la planta piloto agroindustrial de la Institución Educativa Agroindustrial La Pradera."
- Espinosa. (2019). El país produce más cebada y cada vez mejor cerveza.
- Fao. (2013). Fao. Obtenido de Fao: https://www.fao.org/3/i0354s/i0354s01_a.pdf
- FAO. (2024). Los mayores países productores de cerveza a nivel mundial en 2023.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, C. A. (2023). "Revisión exploratoria de la investigación empírica sobre el disfrute en el aprendizaje de lenguas extranjeras (2014-2021): Panorama, medición y red nomológica." RLA. . lingüística teórica y aplicada 61.1 (2023): 13-48.
- García, U. (2021). Limpieza y Clasificación de la Cebada y la Malta. Cerveza y malta,.
- Garofalo. (2023). Garantizando la Excelencia: Control de Calidad de la Cebada Ecuatoriana en la Industria Cervecera.
- Gavidia Ortiz, Y. a. (2021). "Planta agroindustrial de producción de vino con estrategias de diseño pasivo para lograr la eficiencia energética, Magdalena-Cajamarca 2021." .
- González Vargas, J. M.-P. (2023). "Análisis descriptivo de variables de rendimiento físico en un equipo de fútbol de primera división chilena femenina."
- Guerrero Morante, R. S. (2024). Evaluación de la sustitución parcial de la malta de cebada (*Hordeum vulgare*) por maíz malteado (*Zea mays*) con adición de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) en cerveza artesanal tipo ale. BABAHOYO-ECUADOR.
- Guijarro Montero, J. D. (2023). "Creación de la microempresa “Cervecería Paica SAS” para la producción y distribución de cerveza artesanal."
- Henao Barrera, C. J. (2021). "Determinación de huella de carbono a partir del análisis de ciclo de vida en las plantas agroindustriales de la agropecuaria Aliar SA." .
- Idrogo Obando, R. C. (2024). "Diseño de un plan HACCP para el proceso productivo de cerveza artesanal tipo ale de una empresa agroindustrial."
- Jara Castañeda, E. (2020). "Propuesta para la implementación de procesos operacionales estándares de saneamiento (POES) en la línea de frutas y hortalizas en la planta piloto agroindustrial de UNTRM.

- Jara Mallma, D. J. (2024). Efecto adición de la fécula extraída de la cebada en las propiedades físicas y mecánicas de pavimentos a nivel de afirmado-Huancavelica,.
- Kayode. (2022). Chemical Process Engineering (1st ed., Vol. 1). Scrivener Publishing LLC.
- Kok, Y. J. (2022). A narrative review of molecular mechanism and therapeutic effect of cannabidiol (CBD). In Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology.
- Lema-Aguirre, Basantes-Morales, & Pantoja-Guamán, .. (2020). Producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura. Edificio académico, Bloque A, 4to piso. Av.
- Ligarda Samanez, C. A. (2020). "BIM en el diseño y construcción de plantas agroindustriales.". Obtenido de <https://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/746>
- Llulluna Paucar, P. J. (2023). Diagnóstico de la operatividad de la Planta de Producción de Chocolate Choco Unión, mediante Balances de Masa y energía. Diss. . Ecuador-Pucese-Escuela de Agroindustria,.
- López, F. A. (2023). "Fertilización en cebada cervecera: evaluación del momento de aplicación y del nutriente aplicado.".
- Lorena Carro, E. M. (2024). "Estudio de la microbiota de cerveza artesanal producida a pequeña escala.". FarmaJournal 9.1, 41-52.
- Lorenzini Dávila, E. (2024). "Elaboración de cerveza artesanal estilo Vienna Lager empleando como adjunto chayotextle (*Sechium edule*).".
- Medina, T. A. (2022). Análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal y su aceptación en cerdas. . Abanico Veterinario,.
- Molina, P., & Noroña, G. P. (2023). CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) MANUAL DE MANEJO DEL CULTIVO y conservación de suelos.
- Nasiff-Hadad, D. A., Giral, D. P., & Bruckert, D. E. (2022). Efectos del alcohol sobre las lipoproteínas. Rev cubana med v.36 n.1 Ciudad de la Habana ene.-abr. 2022.
- Ortiz. (2024). Los 10 principales países consumidores de cebada del mundo en 2024.
- Orús. (2024). Ranking de los países líderes en producción de cerveza en el mundo en 2023 (en millones de hectolitros).
- Orus, A. (2024). Principales importadores de cebada a nivel mundial en 2023.
- Páez Espinal, V. L. (2023). "Desarrollo de un sistema de información para la planificación

- y control del mantenimiento preventivo aplicado a una planta agroindustrial." .
Rev Colombiana Cienc Anim. Recia.
- Páez, M. (2020).). Escalado de la producción industrial de levadura de panificación usando dos reactores modelo y un biorreactor prototipo. [Pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5539>.
- Palacios, D. Z. (2023). GEOGRAFÍA DE LA AGROINDUSTRIA. Obtenido de <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/documentos839/docs/davidzarco-agroind.pdf>
- Pilataxi, M. C. (2021). "Caracterización físico química y mecánica de bioplásticos obtenidos a partir del trigo y cebada.". Dominio de las Ciencias 7.4.
- Porras, K. M. (2020). Efecto en el perfil lipídico del consumo de cerveza en la dieta de adultos costarricenses. Revista Costarricense de Salud Pública.
- Pozas, H. (2024). ESTUDIO DE MERCADO, PROCESADO Y CONTAMINANTES POTENCIALES DE LA CERVEZA ARTESANAL.
- Quiroa, M. (2022). Economipedia. Obtenido de Sector primario, secundario y terciario: <https://economipedia.com/definiciones/sector-primario-secundario-y-terciario.html>
- Rodríguez-González. (2024). "Diagnóstico inicial en sitio de intervención del proyecto ecoVALOR. Estudio de caso." Ingeniería Agrícola . 14.4.
- Ruge Villamil, L. D. (2023). "Evaluación de la adición de cereales sin gluten como adjunto del trigo y cebada en la elaboración de una cerveza artesanal tipo Ale." .
- Rural, S. d. (2020). Cebada, alimento del cuerpo y del alma.
- Samartino, R. (2020). La elaboración de cerveza: Un oficio milenario. Madrid España.
- Sánchez-Palacios, K. J.-C.-P. (2024). El auge de la cerveza artesanal en Ecuador: un apogeo para los amantes de la cerveza.
- Tolosa Ariza, L. I. (2023). "Análisis sobre el estado de la educación financiera en trabajadores informales en la ciudad de Bucaramanga." .
- Trillo Rojas, D. A. (2023). "Nivel de conocimientos sobre medidas de bioseguridad en internos de medicina de la Universidad Privada San Juan Bautista en hospitales de Lima.
- Vargas Guevara, P. (2024). "Análisis, diagnóstico y mejora en el proceso de producción de menudencias blancas de una empresa importadora de productos cárnicos, aplicando herramientas Lean y distribución de planta.".
- Villanueva, C., & Tovar, G. (2021). BAGAZO DE MALTA (BSG): BIORRESIDUO

CON POTENCIAL APLICACIÓN A NIVEL FUNCIONAL, MATERIAL Y ENERGÉTICO. PROSPECTIVA ISSN EN LÍNEA: 2216-1368- VOLUMEN 19, NO.

Willis, J. J. (2021). "Implementación de un sistema de seguridad y salud en el trabajo y la accidentabilidad y productividad en una industria arrocera.". INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación 8.1 (2021). doi:<https://doi.org/10.26495/icti.v8i1.1548>

Zalocco, D. C. (2022). "Comparación nutricional entre premezclas sin TACC-trigo, avena, cebada y centeno-comerciales y premezclas sin TACC caseras."

Zuluaga Botero, S. (2023). Modelamiento de la transferencia de masa multicomponente basado en las ecuaciones de Maxwell-Stefan para el análisis de reactores industriales empacados. Diss. . Universidad Nacional de Colombia.

ANEXOS:

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación



Anexo 2: Lugar de estudio para la experimentación.



Planta Agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar



Laboratorio de extractos de la Planta Agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar

Anexo 3. Equipo Implementado



Planta Piloto Implementado en la Universidad Estatal de Bolívar



Bomba Magnética para el recirculado del mosto



Llaves de paso



Válvulas

Anexo 4: Preparación de la materia prima (Cebada)



Recepción de la materia prima



Lavado de la materia prima



Secado



Malteado



Proceso del Molido



Pesado de la malta

Anexo 5. Elaboración de cerveza artesanal en la planta piloto



Cocción del mosto



Macerado del mosto



Filtración del mosto



hervido del mosto



Adición del lúpulo en 3tiempos



Enfriamiento



Adición de la levadura



Fermentación y maduración del mosto



Envasado



Etiquetado

Anexo 6. Glosario

- **Equipo:** activos físicos utilizados para analizar, preparar o entregar productos y servicios.
- **Función:** Es la función y el efecto de la función, se refiere al desempeño de una función que es adecuada para un trabajo o funciona bien, la función de una máquina está relacionada con su capacidad para realizar su función normal.
- **Higiene:** limpieza o cuidado para mantener la salud o prevenir enfermedades.
- **Insumos:** Un insumo es toda aquella cosa susceptible de dar servicio y paliar necesidades del ser humano, es decir, nos referimos a todas las materias primas que son utilizadas para producir nuevos elementos.
- **Laboratorio:** una sala o lugar para el procesamiento e investigación de microorganismo
- **Levadura:** es el nombre que se le da a los microorganismos unicelulares (de 5 a 10 micrones de tamaño) que fermentan los carbohidratos y los aminoácidos presentes en los granos en etanol y dióxido de carbono (CO₂).
- **El lúpulo:** es un componente relativamente moderno de la cerveza, es una planta trepadora de la familia del cáñamo, que además de dar un sabor amargo característico, se encarga de la estabilización de la espuma.
- **Manual:** Es una publicación que cubre los aspectos básicos de un tema. Es una guía que lo ayuda a comprender cómo funciona algo o presenta a los lectores un tema de manera organizada y concisa.
- **Máquina:** Un objeto hecho y compuesto por un conjunto de partes ensambladas para facilitar o realizar un trabajo en particular, generalmente convirtiendo alguna forma de energía en movimiento o trabajo.
- **Reglamento:** denota un conjunto de normas o reglas que pueden aplicarse a un caso específico de actividad o problema cuando la misión de una organización o sociedad es organizar su actividad.
- **Productividad:** capacidad de producción natural o industrial.