

ELABORACIÓN DE PROPUESTA PARA LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL
TIPO ALE CON BASE EN MALTA PALE ALE Y ALMIDÓN DE PAPA SABANERA.

JUAN FELIPE GALEANO SÁNCHEZ

JEISSON FABIAN RAMÍREZ LÓPEZ

Proyecto de grado para optar al título de

INGENIERO QUÍMICO

DIRECTOR

MSC. ING. ADRIANA SUESCA DÍAZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director de la especialización

Firma del
calificador

Bogotá D.C Febrero del 2022

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado lo dedicamos primeramente a Dios, por haber hecho posible el cumplimiento de tan anhelado sueño, por ser nuestro guía y darnos fuerza para continuar en cada etapa de este proceso.

A nuestros padres por habernos forjado como las personas que somos en la actualidad, muchos de nuestros logros incluido este se los debemos a su sacrificio y amor por nosotros.

A todas las personas en general que nos han apoyado y han aportado en la realización de este trabajo mediante sus conocimientos y sus buenos consejos.

Con cariño y admiración.

Jeisson y Juan.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios, por darnos fuerza y ser nuestro guía en este camino, a nuestros padres por brindarnos apoyo incondicional y estar con nosotros en todo momento. Gracias por su comprensión y por creer en nosotros.

A todos los profesores que en su momento nos dieron clases por dejar en nosotros parte de su conocimiento y contribuir en nuestra formación profesional como ingenieros químicos.

A nuestros compañeros que a lo largo del camino estuvieron con nosotros y también nos ayudaron en nuestra formación.

Con admiración y respeto.

Jeisson y Juan

TABLA DE CONTENIDO

	Pag
1. GENERALIDADES	14
1.1 Descripción de la problemática	14
1.2 Marco teórico	15
1.2.1 <i>¿Qué es una cerveza artesanal?</i>	15
1.2.2 <i>Tipos de cervezas artesanales</i>	15
1.2.3 <i>Materias primas del proceso</i>	17
1.2.4 <i>Proceso base</i>	25
1.2.5 <i>Grado de alcohol</i>	33
1.2.6 <i>pH</i>	33
1.2.7 <i>Densidad y masa volúmica</i>	34
1.2.8 <i>Amargor</i>	34
1.2.9 <i>Dióxido de carbono</i>	34
1.2.10 <i>Turbidez</i>	35
1.2.11 <i>La papa sabanera o tipo R-12</i>	35
2. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA CEBADA MALTEADA Y EL ALMIDON DE PAPA SABANERA	38
2.1 Decreto 1686 del 2012	38
2.1.1 <i>Capítulo 2, artículo 3</i>	38
2.1.2 <i>Capítulo 2, artículo 11</i>	38
2.1.3 <i>Capítulo 2, artículo 12</i>	39
2.2 Caracterización fisicoquímica la Malta de cebada (Malta base)	39
2.2.1 <i>Humedad</i>	39
2.2.2 <i>Cenizas</i>	40
2.2.3 <i>Lípidos</i>	40
2.2.4 <i>Proteínas</i>	40
2.2.5 <i>Hidratos de carbono</i>	41
2.3 Caracterización fisicoquímica del almidón de papa Sabanera	42
2.3.1 <i>Extracción del almidón</i>	43
2.3.2 <i>Análisis fisicoquímicos</i>	43
3. PLANTEAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL BASADO EN LA TÉCNICA Y RECETA DE LA AMERICAN PALE ALE	45

3.1	El proceso original	45
3.2	Cerveza Pale Ale y APA	45
3.3	Planteamiento del proceso haciendo adición del almidón de papa	46
3.3.1	<i>Recepción de las materias primas</i>	47
3.3.2	<i>Extracción del almidón.</i>	48
3.3.3	<i>Proceso de la cerveza.</i>	49
3.3.4	<i>Proceso de la cerveza añadiendo almidón de papa</i>	52
3.3.5	<i>Diagrama PFD del proceso</i>	53
3.3.6	<i>Tipo de proceso</i>	54
3.3.7	<i>Balance de masa</i>	55
3.3.8	<i>Balance de energía</i>	61
4.	METODOLOGÍAS PARA LA MEDICIÓN DE LOS FACTORES DE ESTUDIO EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL DE CEBADA Y PAPA SABANERA	63
4.1	Determinación del grado alcohólico	63
4.1.1	<i>Destilación y densimetría</i>	63
4.1.2	<i>Espectroscopia de infrarrojo cercano NIR</i>	66
4.1.3	<i>Cromatografía de gases</i>	67
4.2	Determinación del pH	69
4.2.1	<i>Potenciometría</i>	69
4.3	Determinación de densidad y masa volúmica	71
4.3.1	<i>Procedimiento</i>	71
4.4	Determinación del extracto real	72
4.4.1	<i>Procedimiento</i>	72
4.5	Determinación del Color	73
4.5.1	<i>Espectrofotometría a 430 nm</i>	74
4.6	Determinación de amargor	76
4.6.1	<i>Espectrofotometría a 275 nm</i>	76
4.7	Determinación de dióxido de carbono	77
4.7.1	<i>Procedimiento</i>	78
4.8	Determinación de turbidez	80
4.8.1	<i>Turbidimetría</i>	80
5.	ANÁLISIS FINANCIERO.	83
5.1	Descripción de maquinaria y equipos	83

5.1.1	<i>Macerador</i>	83
5.1.2	<i>Tanque</i>	84
5.1.3	<i>Hervidor</i>	84
5.1.4	<i>Fermentador</i>	85
5.1.5	<i>Gasificador</i>	86
5.1.6	<i>Filtro</i>	87
5.1.7	<i>Pelador de papa</i>	88
5.1.8	<i>Rallador de papa</i>	89
5.2	Costos	90
6.	CONCLUSIONES	98
	BIBLIOGRAFÍA	99
	ANEXOS	106

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Tipos de cereales	19
Figura 2. Diagrama de flujo de proceso de elaboración de cerveza	27
Figura 3. Diagrama de flujo general del proceso de elaboración de cerveza artesanal.	47
Figura 4. Diagrama de proceso de la extracción del almidón de papa.	49
Figura 5. Diagrama de flujo de producción de cerveza tipo Ale con almidón de papa y cebada malteada.	53
Figura 6. Diagrama pfd de producción de cerveza tipo Ale con almidón de papa y cebada malteada.	54
Figura 7. Representación del montaje de medición de grado alcohol por el método de destilación	65
Figura 8. Representación de colores que puede tomar la cerveza según su valor de SRM Y EBC.	74
Figura 9. Macerador	83
Figura 10. Tanque	84
Figura 11. Hervidor	85
Figura 12. Fermentador	86
Figura 13. Gasificador	87
Figura 14. Filtro	88
Figura 15. Pelador de papa	89
Figura 16. Rallador de papa	90

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Comercialización y ubicación geográfica de diferentes tipos de papa	36
Tabla 2. Caracterización fisicoquímica de maltas de cebada	42
Tabla 3. Caracterización fisicoquímica de variedades de almidón de papa	44
Tabla 4. Balance de masa en el pelado de la papa,	55
Tabla 5. Balance de masa para el lavado de la papa	56
Tabla 6. Balance de masa para el rayado de la papa	56
Tabla 7. Balance de masa para la unidad de filtrado proceso de la papa	56
Tabla 8. Balance de masa para el decantador, proceso de la papa	57
Tabla 9. Balance de masa para el secador	57
Tabla 10. Balance de masa en el mezclador.	57
Tabla 11. Balance de masa en el Macerador	58
Tabla 12. Balance de masa en el hervidor	58
Tabla 13. Balance de masa en el fermentador, madurador y filtro	59
Tabla 14. Balance de energía para el proceso	62
Tabla 15. Parámetros fisicoquímicos finales para cervezas artesanales tipo ale	82
Tabla 16. Costos de inversión de equipos	91
Tabla 17. Costos de materias primas para 30 litros.	92
Tabla 18. Datos para competitividad en el mercado de producción de cerveza artesanal	93
Tabla 19. Depreciación lineal	94
Tabla 20. Costos de producción y operación	94
Tabla 21. <i>Precio de venta, ventas anuales e ingresos.</i>	95
Tabla 22. Costos estimados de nómina	95
Tabla 23. Flujo de efectivo proyectado para 5 años.	96
Tabla 24. Indicador financiero	97

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se expone la propuesta de elaboración de cerveza artesanal tipo ale con malta pale ale y almidón de papa sabanera tipo R-12 en donde se describe el proceso de producción de cerveza con sus materias primas, sus etapas, estándares de calidad regidos por el decreto 1686 del 2012.

Inicialmente se exponen las características fisicoquímicas que deben presentar las principales materias primas para la fabricación de este tipo de cerveza. Luego se presentan todas las etapas necesarias en el proceso de producción de almidón de papa y de la cerveza artesanal teniendo en cuenta el rendimiento en cuanto al grado de alcohol que se puede llegar a producir. Adicionalmente se detallan las técnicas necesarias para la medición de los parámetros finales de la cerveza artesanal, por último se muestra el análisis financiero que presenta la propuesta en donde se estima que el valor de producción de esta es de \$ 6.200 pesos colombianos y buscando un margen de ganancia del 20% el costo de comercio es de \$ 7.300. Se determina que es posible desarrollar una cerveza artesanal con almidón de papa y malta pale ale siendo un proceso viable y económicamente sostenible.

Palabras clave: Fermentación, proceso Batch, Almidón de papa, cerveza artesanal, Alta fermentación, Levadura ale.

INTRODUCCIÓN

La cerveza en la cultura de los países tanto europeos como americanos ha formado parte importante en el desarrollo socioeconómico de estos. Ha sido pilar en la economía de grandes países, y Colombia no es la excepción. A lo largo de la historia la cerveza ha acompañado a la población colombiana, ha sido patrocinadora de eventos deportivos, de canales de televisión, de celebraciones grandes y pequeñas, ha estado en fechas importantes y eventos conmemorativos. Además, nos ha dado un estatus mundial, puesto que Colombia es cuna de cervecerías tales como Bavaria, ahora Ab-Inbev.

El proceso de la cerveza es un proceso altamente industrial en el cual se deben controlar variables fisicoquímicas y de producción. Aunque el proceso debido a los estándares de la alta cervecería y del producto en general, suele volverse monótono; puesto que ya es un proceso establecido, ya es una receta la cual la población mundial está acostumbrada y la cual es un poco difícil de cambiar. A grandes rasgos en el proceso se realiza la germinación de la malta para obtener la cebada malteada, después la producción de mosto, la fermentación, la adición de lúpulo y extractos, gasificación y envasado y por último el almacenamiento y la espera para ser distribuido al cliente.

Colombia es un país agricultor, el cual gracias a su riqueza hídrica y a la variedad de pisos térmicos lo que genera múltiples climas y condiciones para la producción de diversos productos agrícolas tales como frutas, verduras, tubérculos, etc. En el suelo boyacense y parte del cundinamarqués, se produce un tubérculo milenario el cual es la papa. Colombia produce 12 tipos de papas diferentes, las cuales todas son comercializadas y generan diferentes dividendos y ganancias a los productores y al país. Hay un sinnúmero de familias colombianas las cuales subsisten por medio de este recurso, de la papa, familias enteras basan su economía en el cultivo y comercialización de papa y muchas de estas año tras año se ven afectadas por los TLC con otros países, por las alzas en los precios de los insumos o del transporte y tienden a tener que “regalar” su tan preciado producto y generalmente obtienen pérdidas durante largos periodos de tiempo.

La papa es una fuente rica de almidón, de lo cual se sabe que la papa tiene azúcares simples tales como fructosa, sacarosa y glucosa. Estos azúcares son del tipo fermentables. Es decir que son óptimos para la producción y elaboración de cerveza artesanal.

A lo largo del tiempo se han utilizado diferentes alternativas para la producción de cerveza haciendo uso de alguna otra materia prima adicional a las establecidas en las recetas, se ha implementado la adición de arroz, de trigo, y demás materias primas para la elaboración de cerveza, algunas con más éxito que otras, pero que en definitiva no podrán superar el estándar de malta de cebada y lúpulo ya establecido. En este documento se presenta el resultado de la investigación donde se presenta el análisis del proceso de producción de cerveza con adición de papa, determinando factores influyentes en cada una de las etapas del proceso. Esta propuesta es para un proceso a escala industrial, con el cual se busca aparte de la implementación de la planta, producir inicialmente 121.212 cervezas de 330ml cada una, esto en términos de producción anual. Se debe tener en cuenta que esta investigación es de carácter teórico.

OBJETIVOS

Objetivo General

Elaborar una propuesta de producción de cerveza artesanal tipo Ale con base en malta pale ale y almidón de papa sabanera.

Objetivos específicos

- a. Identificar las propiedades fisicoquímicas de la cebada malteada y el almidón de papa sabanera.
- b. Plantear un proceso de producción de cerveza artesanal basado en la técnica y receta de la cerveza American Pale Ale.
- c. Establecer las metodologías para la medición de los factores de estudio en la elaboración de cerveza artesanal de cebada y papa sabanera; como: pH, acidez, densidad, °GL y CO₂.
- d. Realizar el análisis financiero de la propuesta escogida.

1. GENERALIDADES

1.1 Descripción de la problemática

Colombia en la actualidad es un país cervecero. Esta bebida tuvo un impulso industrial a finales del siglo XIX, ha logrado ser patrocinador de diferentes eventos deportivos colombianos y actualmente con el reciente crecimiento de “cervezas artesanales hacen que el país tenga un consumo de 51,4 litros por persona al año, siendo el tercero en toda Latinoamérica, y que las proyecciones hablan de un mercado de US \$32,7 billones para el año 2023” [5].

En el mercado de Colombia “en la actualidad existen más de 255 cervecías artesanales en el país, con una participación del 0,5% en el sector cervecero y una producción de 8 millones de litros por año (Dinero, 2019)” [6]. Aparentemente el mercado parece estar saturado por las grandes cerveceras industriales como lo son Bavaria y la central cervecera de Colombia (CCC), estas compiten a un nivel industrial dejando un mercado de cervezas artesanales con un gran campo de acción [5]. Este producto en Colombia se consume durante todo el año, incrementando en épocas de festividades e incluso en eventos como el Oktoberfest, la cumbre mundial de cerveceros y los festivales de cerveceros artesanales.

Generalmente la elaboración de cerveza se hace utilizando materias primas como la cebada, el maíz, lúpulo e incluso en unos procesos se usa la yuca, con esta investigación se busca desde un punto social mejorar la demanda colombiana tanto de cebada como de papa debido a que los últimos años se han reportado importaciones crecientes de este tubérculo. "Para los productores, no tiene sentido que el país, que produce en promedio más de 2'700.000 toneladas del tubérculo al año, también lo importe y en cantidades cada vez más grandes: mientras en el 2009 a Colombia entraron 8.981 toneladas de papa procesada, en el 2019 se importaron 58.616, en buena medida desde Europa” [32] dejando el producto nacional a la deriva reportando crisis entre los cultivadores, se busca aprovechar la producción de papa colombiana en el proceso de la elaboración de cerveza artesanal con el fin de apoyar a los campesinos colombianos.

1.2 Marco teórico

1.2.1 ¿Qué es una cerveza artesanal?

Una cerveza artesanal como su nombre lo indica es un tipo de cerveza la cual es producida de manera rústica o siguiendo una receta propia diferente a la industrial esto le da un sabor y sensación diferentes a las que ya se conocen popularmente [1]. Esta tiene ventajas sobre las cervezas industriales tales como el hecho de que es un producto innovador y único, pues el maestro cervecero puede añadir tantos ingredientes y cantidades como él quiera para dar las características que el desee. [59]

La cerveza artesanal suele demostrar un toque único, una firma del maestro cervecero, una historia étnica y social del lugar de producción; representa una cultura y enmarca cualidades positivas y negativas de una región. Es una carta abierta leída por el paladar del consumidor.

1.2.2 Tipos de cervezas artesanales

Las cervezas generalmente se clasifican de varias maneras, según la levadura usada y el proceso de alta fermentación o baja fermentación. Con alta fermentación se refiere a cervezas tipo Ale, que como ya se ha dicho antes tienen un tiempo de fermentación corto y a una ligera alta temperatura, y por el otro lado, cuando se dice baja fermentación, se refiere a cervezas del tipo lager, las cuales tienen tiempos de fermentación más prolongados y se dan así mismo a bajas temperaturas [16].

Entre las cervezas Ale más conocidas están las de tipo: cerveza de trigo, la cual utiliza trigo y cebada malteada para su preparación, tipo Pale Ale; aquí se encuentran las American, Indian y English Pale Ale, estas son producidas con malta pálida, aunque su color puede ser desde dorado hasta ámbar [1]. Tipo Lambic, este estilo es desarrollado en Bélgica, en la ciudad de Leembek, estas en su proceso de elaboración no se utilizan levaduras, sino que la fermentación es espontánea por esto mismo dura varios años; tampoco se utiliza lúpulo sino que se usa frutas y se añade trigo sin maltear. Otro tipo es la cerveza Barley, la cual también se denomina vino de cebada, y se produce en Inglaterra. Llamada tipo Porter, este tipo de cerveza posee un color marrón casi negro y un contenido moderado de alcohol y se divide en Brown, Robust y Baltic

Porter. Por último están las Stout, las cuales se caracterizan por ser tostadas, de color negro intenso con espuma densa y cremosa [22].

Entre las tipo Lager más características se encuentra la Pilsner o Pilsen, esta es elaborada con su propia malta la malta Pilsen. La cerveza Draft o Draught es típica de bares, se sirve directamente del barril; tiene un tiempo de consumo corto, esto debido a que las levaduras siguen presentes allí y no ha sido pasteurizada. La Ice es una cerveza que se caracteriza por una variación en su preparación, que consiste en congelarla parcialmente y después filtrar dichos cristales. La cerveza Märzen es típica de Alemania, lleva su nombre debido a que se produce durante el mes de marzo, último mes del invierno, se guardan y se consumen durante el Oktoberfest [1].

El método de clasificación anterior se refiere al método de fermentación, aunque estas también pueden clasificarse según su aspecto, según su método de elaboración, según los ingredientes empleados o según su procedencia.

1.2.2.a Según su aspecto. Cuando se habla de clasificación según su aspecto, se puede hablar de la apariencia visual de la cerveza, existen cervezas rubias, ámbar o negras y rubias o claras [1].

1.2.2.b Según su método de elaboración. Esta clasificación se basa en las técnicas aplicadas en la fabricación del producto, aunque así mismo son muy pocas las cervezas que entran en este modelo de calificación, en este se encuentran las cervezas ahumadas, las cervezas de doble malta, entre otras [14].

1.2.2.c Según los ingredientes utilizados. En esta se categorizan las cervezas mediante los componentes que se le añaden a la misma, se parte de que la malta y la cebada son los ingredientes básicos de elaboración, y de ahí se despliega una lista de ingredientes que son utilizados por diferentes razones, ya sea por economía o técnica de elaboración, dentro de estos ingredientes que se pueden considerar adicional están cereales como trigo, avena, centeno o maíz [16]. También hay cervezas que son de solo malta, las cuales se denominan 100% malta [1].

1.2.2.d Según su procedencia. Cuando se habla de clasificación según su procedencia se habla del lugar geográfico en el cual se produce determinado tipo de cerveza. “En ella se agrupan las cervezas alemanas, las belgas, las británicas, las americanas, las escocesas, entre otras” [1]. Un ejemplo claro de esto es la cerveza tipo Pilsner o Pilsen, originaria de la ciudad de Pilsen en Republica Checa.

1.2.3 Materias primas del proceso

La industria es libre de elegir sus recetas y así mismo las modificaciones que este desee, se ven casos y ejemplos de cerveceros que aún en esta época siguen la tradición milenaria de los tres únicos ingredientes [14]. Pero en una sociedad de avanzada, la variedad de ingredientes en el proceso cervecero es flexible y está abierta a nuevos sabores y variedades.

1.2.3 a Agua. El agua es el integrante principal en la elaboración de cerveza, y a su vez es al que menos atención se le suele dar, pero ciertamente hay factores determinantes en la producción de una cerveza de óptimas cualidades y de sabor agradable y acorde [1]. Por ende, al tratarse de agua de tubería o de nacimientos naturales se debe hacer un análisis previo para determinar la cantidad de iones disueltos en esta, ya que la concentración de cada ion afectara las características finales de la cerveza. Por ejemplo, la presencia de sulfato o carbonato de calcio proporciona un sabor amargo, el calcio y el magnesio favorecen la actividad de la levadura pero en altas concentraciones proporcionan un sabor metálico, así mismo la presencia de sodio o cloro potencia sabores al producto final [16].

Dentro de estos factores de calidad del agua se debe considerar también la dureza que esta posee, el termino dureza se refiere a la carga de minerales total que posee el agua. No hay un estándar en cuanto al consumo humano puesto que este no afecta la salud, pero en cuestiones cerveceras este valor es de suma importancia para las características finales del producto. Por lo tanto la carga de minerales debe acomodarse a las condiciones óptimas de producción, ya sea aumentando o disminuyendo la cantidad de algún ion hasta el valor necesitado [1].

Otro factor que afecta el agua es el pH, este afecta de diversas maneras el proceso y en diferentes etapas del mismo, en general el más afectado es el macerado o mashing, puesto que si el pH es muy elevado no se realizará una debida actividad enzimática y esto traerá problemas en etapas siguientes del proceso, se debe cuidar el valor del pH puesto que enzimas como la alfa y beta amilasa requieren un valor aproximado de pH de 6,5 [1].

Una manera de disminuir el valor del pH es haciendo uso de ácido fosfórico, aunque si no se cuenta con este o no se quiere implementar, “se puede optar por emplear malta acidulada, la cual posee una ligera concentración de ácido láctico (1 o 2%) [36]”.

1.2.3 b Cebada. La cebada es, en el caso cervecero, la uva del vino, y aunque no hay ningún inconveniente en preparar cerveza con algún otro cereal, la cebada es el cereal por excelencia. En general el cereal escogido para el proceso depende de la disponibilidad de la región, hay regiones productoras de trigo en las cuales se producen las reconocidas cervezas de trigo, o también afectan factores económicos, muchos fabricantes optan por utilizar arroz o maíz debido a su bajo costo o ya que producen cervezas claras [14].

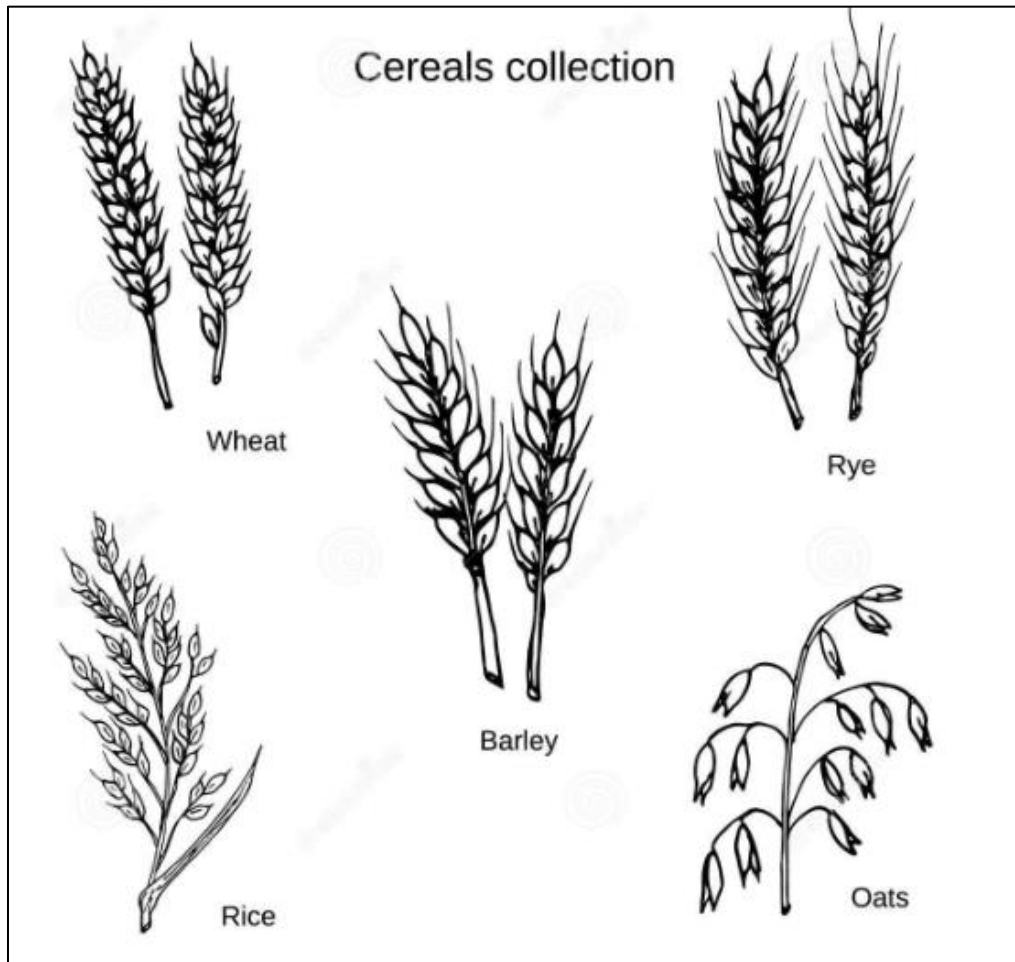
La cebada se puede utilizar en el proceso sola o acompañada de otros cereales y/o frutas, especias y tubérculos, esto para dar sabores y sensaciones diferentes al producto final.

Existen diferentes tipos de cebada, y cada uno tiene sus propiedades y ventajas a la hora de la producción cervecera, los más utilizados en el proceso es las llamadas de dos hileras y de seis hileras, estas “en promedio contienen entre 60 y 65% de almidón y 10% de proteína [36]. Cabe aclarar que ambos tipos de cebada (dos y seis hileras) tienen resultados favorables en el proceso de fermentación, sin embargo la primera ofrece mayor rendimiento en almidón, lo que significa alto contenido de alcohol, y la segunda es rica en actividad enzimática, lo que traduce mayor rendimiento en el macerado [16].

“La cebada de dos hileras se denomina “*Hordeum Distichum*”, es más antigua que la de seis hileras, la cual se denomina “*Hordeum Vulgare*”. La cebada puede usarse sin tratamiento, se denomina cruda y así mismo en compañía de otros cereales [1]” como los que se muestran en la figura 1.

Figura 1.

Tipos de cereales



Nota. La figura representa diferentes tipos de cereales usados en la elaboración de cervezas artesanales. Tomado de: *Barley, Rice, Wheat, Rye, Oats*. <https://es.dreamstime.com/>

1.2.3 c Malta. El cereal no puede ser utilizado directamente por la levadura en el proceso de fermentación alcohólica, para poder realizar el proceso se necesita de las enzimas amilasas y diastasas, las cuales están contenidas en el interior del grano, pero solo son obtenidas mediante el proceso de germinación de la misma [14]. Cuando la cebada germina y se obtiene la actividad enzimática, recibe el nombre de malta. La malta es generalmente producida utilizando cebada, pero también se suele emplear otros cereales por ejemplo el trigo, el sorgo o el centeno para dicho procedimiento y en general para la industria cervecera [1].

Existen 4 tipos de maltas, las cuales son: Malta base, malta de acción mixta, malta atezada y maltas especiales [1].

La Malta Base “es la malta germinada y secada a temperatura un poco inferior a 60°C [1]”, esto para proteger las enzimas amilolíticas y así conservar lo mayor posible el poder de las enzimas. Esta malta esta sin tostar, se seca hasta un contenido de humedad de 3%. “Esta malta posee un alto poder diastático, lo cual es la medida en la cual las enzimas son capaces de degradar el almidón [1]”, es una malta clara, la más clara y es utilizada ampliamente en varias recetas de producción de cerveza.

La Malta De Acción Mixta o Kilned malts es una malta obtenida mediante una leve tostación de los granos de malta ya germinados, estas conservan sus propiedades enzimáticas y por ende produce sus propios azúcares, por esto es posible su utilización como malta base o como adjunta [3]. Aquí se encuentran las maltas de color ámbar, cristal para los ingleses y caramelo para los americanos y alemanes. Estas difieren una de la otra en que la primera es secada en tambores giratorios y la segunda sobre lechos de hornos [16].

Las Maltas Ateizadas o Quemadas son maltas tostadas y/o quemadas a altas temperaturas, por ende son oscuras y con sabores fuertes debido a su grado de caramelización. Esta aporta sabores fuertes y notas amargas a la cerveza final, son maltas especiales para cervezas tipo porter y stout [1]. Algunos tipos de maltas atezadas son:

Malta chocolate, la cual es tostada entre los 221 y 223°C, por ende no tiene ningún poder enzimático, aporta notas a vainilla, nueces y chocolate [1].

Malta biscuit, la cual tiene un nivel de tostación entre moderado e intenso, aporta notas amargas y como su nombre, a galletas o bizcocho, tiene un color ámbar profundo y “se suele usar en proporción del 5 al 15% [1]”.

Malta black patent, es una malta de tostado extremo, la cual aporta notas de suave carbonizado. “Es la malta más oscura y por esto mismo se debe usar con precaución ya que puede generar sensación a quemado muy desagradable [1]”.

Las Maltas Especiales pueden ser o no de cebada, estas otorgan sabores particulares a la cerveza [1]. Las más representativas y utilizadas en la industria artesanal son:

La malta acida o acidulada, la cual como ya se mencionó antes, son maltas que soportan condiciones de pH un tanto superiores a las demás, ya que esta tiene una baja cantidad de ácido láctico o fosfórico [1]. Por lo general es utilizada para reducir el pH de los mostos y permitir la acción de ciertas enzimas proteolíticas y amilolíticas [3].

La malta ahumada, actualmente perdura como un vestigio de tiempos pasados, puesto que para su fabricación era necesario secarla sobre brasas de madera, lo cual le daba ese sabor ahumado. En la actualidad se produce en algunas zonas de Alemania y es considerada como una rareza [1].

La malta de dextrina, es una malta la cual el almidón ha sido hidrolizado parcialmente, dejando así pequeñas cadenas de azúcares denominados dextrinas las cuales no son fermentables, esta malta no posee una actividad enzimática, sino que lo que hace es aportar cremosidad a la espuma y mejorar las sensaciones, además de añadir cuerpo [1].

La malta de centeno, es una malta poco utilizada, ya que aporta sabores punzantes, secos y picantes [3].

La malta de trigo, esta es agregada en pequeñas cantidades y su función es ayudar en la retención de espuma, además, posee el mismo poder diastático que la malta de cebada [3].

La cebada tostada, es cebada cruda tostada a altas temperaturas, técnicamente no cumple con la definición de malta, es más suave que la black patent, aporta sabores fenólicos y su grado de quemado suele ir de medio a intenso, puede dar origen a la cebada negra. [3]

1.2.3 d Levadura. La levadura cervecera constituye el motor de fabricación en el proceso; su labor es transformar el mosto o liquido azúcarado en cerveza. Esta transformación se da mediante el proceso bioquímico denominado fermentación alcohólica, proceso en el cual sus principales productos son el alcohol etílico y el CO₂ [1]. Asimismo, un conjunto de compuestos que aportan olor, sabor y textura a la cerveza.

Al hablar de tipos de levaduras cerveceras “se habla típicamente de *S. bayanus*, *S. pastorianus*, *S. ellipsoideus*, *S. oviformis*, *S. vinus*, *S. carlsbergensis*, etc [1]”. Se ha determinado que estas son cepas o variedades de *Saccharomyces cerevisiae*, esto a excepción de *S. bayanus* y *S. carlsbergensis*, las cuales si son especies distintas [1].

La especie tipo *cerevisiae*, propias de las Ale, tiende a quedarse en la superficie, mientras que la especie *carlsbergensis* cae al fondo. La primera se conoce como de fermentación alta y la segunda como de fermentación baja [16].

La levadura puede darse en forma líquida o granulada, ambas presentaciones dan cervezas de alta calidad, la diferencia es que la forma granulada es menos perecedera que la forma líquida. “La forma granulada puede vivir casi 2 años, mientras que líquida tiene un tiempo de vida de 3 a 6 meses [1]”.

Hace algunos años no había levaduras disponibles para la industria artesanal, por ende, se utilizaba la levadura panadera. En la actualidad, existen compañías como Wyeast, White Labs y Omega, las cuales producen levaduras en forma líquida, y por otro lado esta Lesaffre-Fermentis y Lallemand-Danstar las cuales producen levadura en forma granulada. [36]

1.2.3 e Lúpulo

El lúpulo es el ingrediente encargado de dar el amargor y olor característico a la cerveza, además tiene efecto estabilizante en cuanto a la espuma y protección bacteriana. También se le atribuyen factores característicos como la sensación refrescante [1]. El lúpulo utilizado en la actualidad en la industria cervecera es la flor de *Humulus lupulus*, el cual es una planta relacionada con el género *cannabis* [22].

“La flor de lúpulo puede ser utilizada también con fines medicinales y de nutrición, sin embargo, el 97% de la producción mundial se utiliza en el proceso cervecero [1]”. Los principales productores de lúpulo a nivel mundial son Alemania, Estados Unidos y China. Además de estos se encuentran Republica Checa, Polonia, Corea del Norte, Albania y Reino Unido [61].

La flor de lúpulo *Humus lupulus* cuenta con el raquis o eje central, el cual tiene una consistencia leñosa y ondulada, en la cual se encuentran insertadas las hojas. Las hojas amarillas corresponden al macho y las verdes a la hembra. La parte que une al raquis con la planta se denomina pedúnculo y es rica en taninos y otorgan sensación astringente a la cerveza. Los pétalos externos se denominan brácteas, estas se solapan unas a otras formando un sistema protector para la flor. Las bractéolas envuelven las glándulas de lupulina, las cuales son las encargadas de producir los principios activos del lúpulo [36].

En el ámbito industrial del lúpulo, este dependiendo de la forma y número de ondulaciones constituirá su calidad. “El lúpulo fino es aquel cuyo raquis es delgado y tiene ondulaciones estrechas, alrededor de 10 a 20 [1]”.

En cuanto a la química del lúpulo se sabe que como en la mayoría de los órganos vegetales, este está constituido por celulosa, agua, pectinas, proteínas, monosacáridos, etc. Para efectos cerveceros hay tres sustancias de gran interés para el proceso de elaboración, estos son resinas, aceites esenciales y polifenoles [14].

Las resinas están constituidas por alfa-ácidos (humulonas) los cuales son los más importantes del lúpulo, estos a altas temperaturas se isomerizan y actúan como agente antibacteriano y da el amargor a la cerveza; también están los beta-ácidos (lupulonas) los cuales además de dar amargor, son altamente oxidables, por esta razón los cerveceros optan por lúpulos con altas concentraciones de alfa-ácidos y baja en beta-ácidos [1].

Por otro lado, están los aceites esenciales, los cuales son una mezcla de más de 300 compuestos volátiles, los cuales se encargan de dar carácter aromático a la cerveza. Para la industria cervecera los más importantes son el humuleno, el mirceno, y el cariofileno [1]. Los aceites esenciales junto con las resinas forman la lupulina [14].

Por último, están los polifenoles, estos se encuentran en el raquis. “El principal es el tanino, el cual se encarga de impartir astringencia, tiene acción antibacteriana [36]” y favorece la precipitación de proteínas durante la cocción del mosto, esto favorece la clarificación del mismo.

De acuerdo a funcionalidad, las variedades de lúpulo se agrupan en 3 categorías, que son: Lúpulos amargos, lúpulos aromáticos y lúpulos duales o mixtos [36].

Los lúpulos amargos tienen una alta cantidad de alfa-ácidos, por ende, imparten amargor. Los lúpulos aromáticos tienen un menor poder amargo, sin embargo, son abundantes en aceites esenciales, por ende, se utilizan para dar aromas diferentes a la cerveza. Los lúpulos duales o mixtos poseen un equilibrio entre las propiedades, por ende, pueden ser usados para con ambos propósitos [36].

Generalmente cada cerveza y su estilo está asociado ya sea por tradición o por técnica de elaboración a una variedad en específico de lúpulo, hay ocasiones en las que esto puede

cambiarse con el ánimo de potencializar propiedades que se están perdiendo o desaprovechando; el uso de un lúpulo en específico no es regla general [1]. Sin embargo, no se considera prudente cambiarlo cuando se trabaje muy apegado a una receta en específico, ya que esto podría ser contraproducente [16].

1.2.3 f Adjuntos. Los adjuntos son cereales que se le añaden a la cerveza diferentes a la cebada malteada y estos son utilizados para la preparación del mosto. Además de esto, también se considera como adjunto cualquier sustancia amilácea que participe en la formación del mosto [1]. Teniendo en cuenta la definición formulada, se establecen dos tipos de aditivos, los que deben ser macerados (mashables), en este grupo se ubican los granos y tubérculos, los cuales pueden además poseer carácter diastático o no; y por otro lado están los que se pueden añadir directamente al mosto (de olla o kettle), en estos se encuentran materiales ricos en azúcares y no requieren acción enzimática alguna [1].

La razón por la cual se hace uso de aditivos es por la reducción de costos que estos implican y también debido a que mejoran ciertas propiedades, por otra parte, están los cerveceros puristas, los cuales consideran que estos adjuntos influyen negativamente en la cerveza. Se en ejemplos como “Estados Unidos, donde la cerveza se elabora con 40% malta de cebada y 60% adjuntos, en países de Europa solo se permite el 40% de adjuntos y en algunos otros que la cantidad de adjuntos no sea mayor a la cantidad de malta [62]”.

Entre los adjuntos amiláceos más utilizados para la fabricación de cerveza están: arroz, maíz, cebada, trigo, avena, azúcar, dextrinas, miel, jarabe de maíz, melaza, entre otros. Amiláceo se refiere a aquellos adjuntos ricos en almidón y que pueden ser macerados para extraer azúcares fermentables [1].

Los adjuntos sacarinos o de olla son aquellos que están constituidos (como indica su nombre) por una gran variedad de siropes y azúcares. “Estos generalmente se utilizan en menos del 10% del mosto [1]”. Entre los siropes se encuentran la miel, melaza, jarabes de azúcar y caña y de remolacha; así mismo algunos extraídos del almidón de maíz y trigo. Pueden ser de glucosa pura o fructosa, también puede contener maltosa, maltotriosa o dextrinas [16].

En el caso de las frutas, hierbas y especias están forman parte de los ingredientes secundarios, su uso es opcional, aunque para algunos estilos es obligatorio. Su objetivo es impartir sabores y

olores y deben ser añadidos en bajas cantidades para que no afecten significativamente el mosto. La fruta se puede añadir de dos maneras diferentes, durante la cocción del mosto, esto generalmente durante los últimos minutos de hervor. Y la segunda manera es durante la fermentación, en este paso la influencia de la fruta en la cerveza es más pronunciada. En el caso de las hierbas, su adición se debe a una antigua tradición que ha venido cobrando fuerza gracias a los cerveceros caseros y artesanales [36]. En primera instancia las hierbas eran agregadas justo después de la fermentación, aunque también solían remojar en la cerveza antes de beberla. La razón de agregación de las hierbas es la misma que la del lúpulo, ya que buscan impartir también amargor y sabor. Y se utilizan secas ya que en ese estado están más concentradas [1].

La cantidad de especias que existen y su combinación es casi infinita, el límite es la imaginación del cervecero. “Las especias más utilizadas son canela, vainilla, cardamomo, nuez moscada, clavo, pimienta y anís [36]”. La forma de adicionar es bastante sencilla, se realiza al final de la fermentación por medio del método de infusión, se colocan en bolsitas como si fuera Té y se hierve por un corto tiempo.

1.2.3 g Aditivos. Los aditivos se utilizan para potenciar alguna característica de la cerveza, facilitar su conservación o mejorar el proceso de elaboración. Las cantidades de empleo son bastante reguladas ya que estos van directamente a la ingesta de las personas. Los aditivos más utilizados en la industria son el caramelo o caramulina como colorantes; “ácido ascórbico (vitamina C), y ascorbato sódico como antioxidantes; alginatos, carragnatos y goma arábiga como estabilizantes; metabisulfito de sodio o de potasio como conservantes [1]”.

1.2.3 h Coadyuvantes. Un coadyuvante se define como aquella sustancia utilizada en la producción de un alimento o bebida, con un fin tecnológico específico, pero sin llegar a formar parte del producto final. Frecuentemente su uso está orientado hacia el mejoramiento del proceso como del producto final. “Entre los más empleados están las celulosas y tierras de diatomeas como medios filtrantes; bentonita, gelatina y albúmina como agentes clarificantes [1]”.

1.2.4 Proceso base

El proceso de elaboración de cerveza puede a simple vista parecer complejo, pero en general consta de cuatro grandes etapas. Las cuales son:

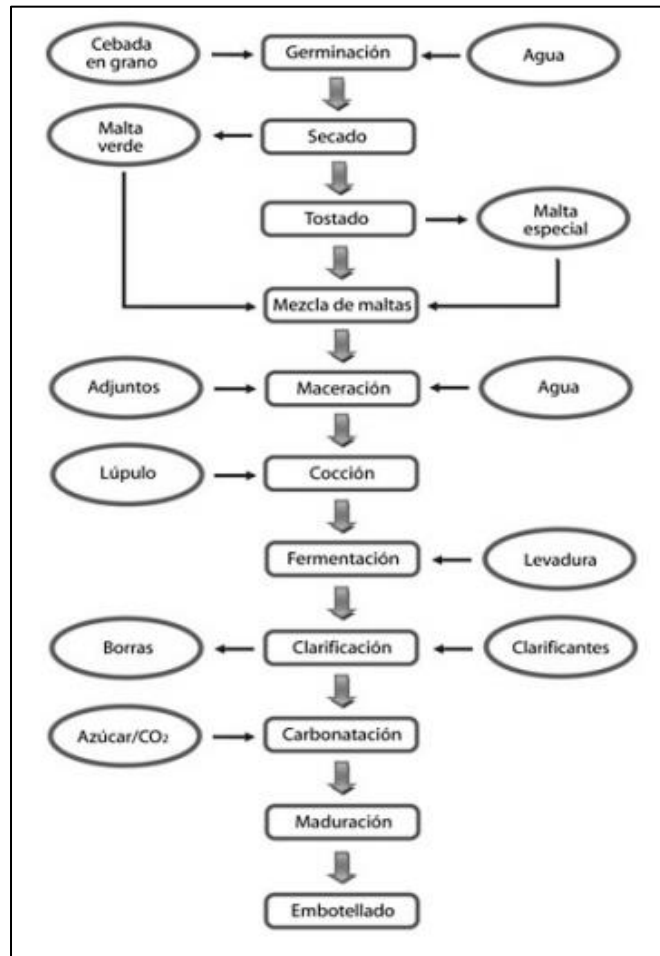
- Obtención de azúcar a partir de granos.

- Cocción del líquido sacarino obtenido (mosto).
- Fermentación.
- Carbonatación.

“Dentro de cada etapa se deben verificar y llevar un control exhaustivo de cada procedimiento tanto tecnológico como técnico y biológico, se debe acomodar y adaptar la materia prima para que se pueda realizar el proceso [1]”. A continuación, se muestra un diagrama con los principales procesos físicos, químicos y biológicos que están involucrados en la fabricación de cerveza, este no debe interpretarse como una secuencia rigurosa de paso, sino más bien como una guía general teórica flexible, pues está dispuesta a cambios por parte del maestro cervecero o del encargado del proceso como tal, puede sufrir variaciones y así mismo volver a su estado natural el proceso general se aprecia en la figura 2.

Figura 2.

Diagrama de flujo de proceso de elaboración de cerveza



Nota. La figura representa la secuencia de etapas en la elaboración de una cerveza artesanal. Tomado de: *Principios de elaboración de las cervezas artesanales.* Morrisville: Lulu Enterprises. 2017.[1]

1.2.4 a Malteado. “Generalmente las grandes cervecerías y las artesanales, no producen su propia malta ni realizan un proceso de malteado [36]”, puesto que es más rentable comprarla a distribuidores ya establecidos. Con esto se ahorran tiempo, dinero y esfuerzo que pueden ser aprovechados en otros frentes del proceso. El proceso de malteado en general consta de 3 etapas las cuales son la germinación, el secado y el tostado.

En la germinación se induce el brote de la malta para que se activen las enzimas que convierten el almidón en azúcares fermentables [36].

Durante el secado se detiene el proceso de germinación y se elimina el agua de las semillas hasta un 3% de humedad aproximadamente utilizando calor sin pasar de los 60°C [36].

En la etapa de tostado se obtienen las maltas especiales, y esto se hace horneando la malta verde aumentando progresivamente la temperatura [36].

1.2.4 b Mezcla de maltas. Utilizar solamente malta verde no está mal, pero generalmente esta se mezcla con otras maltas tostadas para darle al producto otras características de color, aroma y sabor. Por ende una buena mezcla de maltas aporta cuerpo, aroma y sabor, además que constituyen la personalidad de la cerveza [16].

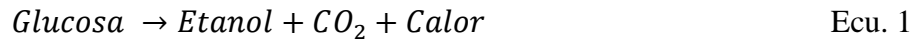
1.2.4 c Maceración o Mashing. Este proceso se basa principalmente en someter una mezcla de agua y granos a una temperatura determinada y durante un tiempo específico con el objetivo de lograr que las enzimas de la malta actúen sobre los cereales y adjuntos no malteados transformando su almidón en azúcar fermentable.

Para realizar la maceración se comienza con la mezcla de los cereales y la malta en una proporción aproximada de 20 % malta y 80 % cereales. Se trituran o muelen para exponer el endospermo. Se adiciona agua en una proporción de 6 litros por cada kilogramo de granos. Y “posterior el cervecero hace ensayo error para determinar a qué proporciones saca mayor provecho en cuanto a materia fermentable [1]”. La maceración puede ser realizada de dos maneras diferentes; maceración simple, aplicando solo un rango de temperatura o maceración escalonada, aplicado varios rangos de forma selectiva [16].

1.2.4 d Gelatinización. Proceso en el cual por efectos de temperatura el grano absorbe agua, se hace soluble y se transforma en un gel, este proceso es muy importante para la maceración debido a que las enzimas diastáticas solo pueden actuar sobre almidón gelatinizado [35].

1.2.4 e Cocción. En este proceso se esteriliza el mosto, se acentúa el color y sobre todo se coagulan las proteínas, lo cual favorece la obtención de una cerveza con menos grado de turbidez. En este paso se lleva a cabo la adición del lúpulo, y debe estar a punto de ebullición por una hora para que quede bien. “Pasado este tiempo debe llevarse rápidamente de 100°C a 25°C para que las levaduras puedan actuar [1]”.

1.2.4 f Fermentación. La reacción básica de fermentación alcohólica que tiene lugar en el proceso cervecero se da mediante la ecuación (1):



“El proceso de fermentación dura alrededor de 7 a 10 días, y la temperatura optima son los 20°C [1]”. Claramente la temperatura puede variar depende de la levadura que se esté usando, del estilo y tipo de cerveza que se quiera producir. El proceso se considera finalizado en el momento en el cual deja de producir gas carbónico [36].

En el proceso de fermentación se deben tener en cuenta varios pasos o consideraciones, los cuales son: Inoculación o siembra, fermentación primaria y secundaria, atenuación y alcohol producido.

Es el proceso de agregado de la levadura al mosto. “Suele ser realizado de diferentes maneras, según las preferencias del cervecero y del tipo y estilo que se elabora [1]”. No obstante, la principal incógnita que éste debe resolver en esta etapa de la fabricación es cuánta levadura debe agregar [36].

Actualmente se ha llegado a la conclusión que la cantidad de células para obtener una fermentación efectiva es de 1 millón de células viables por cada mililitro de mosto, además se tiene en cuenta la gravedad específica o el grado de plato como se ve en la ecuación 2 de relación de células viables para el inóculo [36]:

$$\text{Inóculo} = 1 \text{ millon de cel. viables} * \text{vol. mosto} * \text{°plato} \quad \text{Ecu. 2}$$

Si no se posee los grados de plato se puede hacer la conversión haciendo uso del valor de la gravedad específica. Las cervezas tipo lager, que tienen un tiempo más prolongado de fermentación requieren así mismo un mayor número de células [36].

Actualmente existen dos tipos de fermentación, la fermentación primaria y la fermentación secundaria. La fermentación primaria es el proceso que lleva a cabo la levadura los días subsiguientes a la inoculación. “Durante este proceso la mayoría de los azúcares son transformados en alcohol y gas carbónico. Se caracteriza por una gran turbulencia y un profuso

burbujeo. En general, se considera finalizada cuando la gravedad específica del mosto registra el mismo valor durante tres días consecutivos [36]”. La fermentación secundaria, por otro lado, es la que transcurre luego de culminada la agitación de los primeros días. Con frecuencia, es realizada en un recipiente diferente.

Actualmente se está considerando una fermentación terciaria, la cual se da cuando ya está envasada y se produce el gas típico de la cerveza [16].

1.2.4 g Clarificación. La turbidez es una condición no deseada dentro del proceso cervecero, esta ocurre por prácticas inadecuadas de manufactura [16]. Generalmente suele derivarse de tres causas principales, las cuales son:

- Presencia de material vegetal y levaduras del proceso de fabricación.
- Condensación de ciertas proteínas por acción del frío, fenómeno conocido como *chill haze*.
- Desarrollo de levaduras y bacterias contaminantes.

Los clarificantes han sido agrupados, de manera empírica en clarificantes “de olla”, “de fermentador” y “de botella”, según la fase de elaboración en la cual son agregados [1].

Se conocen varios tipos de clarificantes, como lo son el Irish Moss, el cual es elaborado a partir de un alga de la costa atlántica en Irlanda. Este actúa aglutinando y precipitando proteínas suspendidas. Este se agrega durante la cocción, los últimos 15 minutos [1].

El Isinglass es un colágeno que se obtiene de la vejiga de algunos peces, este actúa precipitando las células de las levaduras, este se agrega al final del proceso de fermentación, generalmente en la fermentación secundaria [1].

El Polycar es la denominación comercial del polímero sintético polivinilpirrolidona o PVPP. Este clarificante se añade en el proceso de embotellado, aunque “debe estar aun sin carbonatar, sino producirá un desprendimiento súbito e incontrolado de gas [1]”.

Así mismo existen otros clarificantes diferentes a los mencionados, tales como “la gelatina, la bentonita y el Sparkaloid® [1]” de los cuales la primera de estas actúa como la Isinglass, pero con menor efectividad y también a menor costo, la bentonina genera resultados aceptables, sin embargo, su tiempo de acción es lento. Por último, el Sparkaloid actúa como la Isinglass y la gelatina, es usado en cervezas filtradas [1].

Si se requiere se puede utilizar la técnica de sedimentación, en la cual posterior a la adición de los agentes clarificantes la cerveza debe pasar un tiempo de al menos unas 24 horas en reposo, esto se hace para permitir que las impurezas se precipiten. Algunos cerveceros artesanales prefieren utilizar la técnica de sedimentación por encima de la adición de agentes clarificantes, este procedimiento es lento y su eficacia es baja [16].

1.2.4 h Carbonatación. Al final del proceso la cerveza ha perdido la mayoría del gas producido como desecho de las levaduras, sin embargo este debe ser suplido puesto que se necesita la espuma característica de la misma; para esto existen dos técnicas utilizadas por los cerveceros para lograr esto, la primera es producir una pequeña fermentación en la botella agregando azúcar. El segundo es un método más técnico, y se basa en la inyección de CO₂ directamente a la botella usando cilindros presurizados.

El método por adición de azúcar es conocido como Priming, este es el más conocido en el ámbito artesanal y se le llama también *cebado* o *carbonatación natural* [16]. El azúcar se puede añadir a todo el lote y después pasar al proceso de embotellado o bien puede añadirse a cada botella individual. Lo más importante es realizarlo en frío, ya que la retención de CO₂ se da mejor a bajas temperaturas [36].

La manera general de expresar la cantidad de CO₂ disuelto en la cerveza es por medio del término Volúmenes de CO₂, “cada unidad de volumen de CO₂ equivale a 1 litro de ese gas disuelto en un litro de cerveza bajo condición normal, es decir 0°C y 1 atm de presión [1]” como se aprecia en la siguiente ecuación Ecu. 3.

$$Vol. CO_2 \text{ a adicionar} = Vol. CO_2 \text{ deseado} - Vol. CO_2 \text{ residual} \quad \text{Ecu. 3}$$

La relación de gramos de azúcar y volumen de CO₂ se muestra en la ecuación Ecu. 4.

$$1 \text{ g de azúcar} = 0,23 \text{ Vol. CO}_2 \quad \text{Ecu. 4}$$

Dentro de las fuentes de azúcar para carbonatar más famosas utilizadas por los cerveceros está el azúcar convencional, que es el que se usa en casa generalmente, el jarabe de maíz o glucosa, el cual es más que todo utilizado en Estados Unidos, y se utiliza el original, el cual está constituido por glucosa. También se utiliza la miel, aunque para esta se necesita análisis previo debido a la

variabilidad de sus azúcares [16]. Además de estos están también los azúcares semirrefinados, los extractos de malta, el mosto y los jugos de fruta, todos estos tienen un común denominador, y es que se necesita añadir más de la cantidad calculada, debido a la concentración de estos o simplemente por norma. Por último, están las tabletas de carbonatación, las cuales consisten en tabletas comprimidas de “sacarosa y glucosa en concentraciones adecuadas para producir una carbonatación precisa” [1].

Los métodos por disolución o métodos Kegging, que también reciben el nombre de carbonatación forzada, consisten como ya se había dicho, en disolver el gas carbónico proveniente de un cilindro a alta presión en la cerveza. Este método se puede realizar por medio de dos técnicas, la primera es a presión baja y tiempo prolongado, en este método el riesgo de sobre carbonatar la cerveza es mínimo, sin embargo, este proceso puede durar hasta varios días. En segundo lugar, está el método de presión alta y tiempo breve, este método dura apenas 2 o 3 días, sin embargo es difícil de controlar y puede provocar sobre carbonatación. Adicional a esto, se puede utilizar el caño surtidor en lugar del alimentador, con esto se burbujea desde el fondo y aumenta la superficie de contacto [36].

Por último si se quiere reducir aún más el tiempo de carbonatación, se puede hacer uso de las piedras difusoras o de carbonatación. Estas son pequeñas piezas de acero inoxidable o cerámica con microporos que al conectarse a la línea de gas generan burbujas e incrementan la absorción de CO₂ [36].

1.2.4 i Maduración. La maduración es el proceso mediante el cual se somete a la cerveza recién elaborada a un periodo de reposo final con el objetivo de afianzar sus sabores y atributos. Además en este proceso se eliminan ciertos compuestos tales como el diacetilo, el sulfuro de hidrógeno, y aldehídos que suelen causar aspereza en la cerveza [1].

Este proceso se puede realizar a temperatura ambiente, este se conoce como maduración en caliente y dura entre 2 y 3 días, también se puede realizar la maduración en frío, de 0 a 4°C, sin embargo este proceso puede durar varias semanas, hasta meses. “Con frecuencia, la maduración está asociada con la fermentación secundaria, en la cual la actividad de la levadura produce carbonatación y purga de las sustancias volátiles indeseables [36]”. El proceso de maduración es de suma importancia para las cervezas de baja fermentación, puesto que adquieren un carácter más profundo, las de alta fermentación no requieren tanto tiempo [1].

1.2.4 j Embotellado. El envase debe contar con una conformación que le permita soportar altas presiones y además que sea completamente hermético y que impida la fuga del gas [36]. El envase por excelencia en la industria artesanal es la botella de vidrio con tapa tipo corona, aunque también es bastante popular el barril de acero inoxidable presurizado. En cuanto a envases de vidrio se suelen utilizar de 250ml, 330ml o 500ml, estas deben procurar que sean color ámbar o verde, esto para reducir la acción oxidante de la luz por los rayos ultravioleta [1].

El método de tapado es mediante la llamada tapa corona, la cual es la tapa convencional de envases de vidrio que se conoce, esta gracias a su borde aserrado se ajusta perfecto a la boca de la botella y soporta altas presiones. Cabe recordar que hay más tipos de tapas, está la tapa de rosca, las de presión, o los tapones, pero en el ámbito artesanal se usa por excelencia la tapa corona [36].

El método de llenado se puede realizar a pequeña escala haciendo uso de una jarra y por gravedad, pero cuando se producen grandes masas de producto es necesario utilizar alguna técnica de llenado industrial, puesto que el hacerlo manual puede resultar tedioso y extremadamente largo [36].

1.2.5 Grado de alcohol

El grado alcohólico de la cerveza se refiere al porcentaje en volumen de alcohol presente en ella. Cada 1%v/v alcohol/cerveza corresponde con 1 grado alcohólico. Aunque puede encontrarse expresado en “% ABV” donde ABV son las siglas de Alcohol By Volume. El contenido de alcohol habitual en bebidas fermentadas oscila entre 3-12 % ABV, excluyendo las sin alcohol o de bajo contenido alcohólico, cuyo grado alcohólico es incluso menor. Presentan valores de aprox. 1% ABV para bajo contenido alcohólico y de 1-3% ABV para sin alcohol, como se menciona anteriormente [12].

1.2.6 pH

El pH expresa la concentración de iones de H⁺ disueltos en una solución, lo cual sirve para medir el grado de alcalinidad o acidez de esta.

El agua es el ingrediente que afecta principalmente al valor de pH en todo el proceso productivo de la cerveza, dado que constituye alrededor del 95% en peso del producto final. Desde el momento inicial, en el que se dispone del agua para la maceración, habitualmente tratada para conseguir valores específicos de pH, de entre 6,5-7, dado que valores más altos provocaría problemas en la conversión enzimática esperada durante el macerado [12].

El valor de pH necesario para la fermentación del mosto varía levemente según el tipo de levadura usada, con valores que se encuentran entre 5,3 y 5,6. Independientemente del estilo, se busca que el valor de este parámetro oscile en la cerveza final entre 4,2 y 4,3 [12].

1.2.7 Densidad y masa volúmica

La masa volúmica se refiere al peso del mosto o cerveza en relación con su volumen, es decir, aquello que conocemos como densidad y que siguiendo el sistema internacional de unidades se mide en kg/m³ [12].

1.2.8 Amargor

El amargor es una propiedad presente en mayor o menor medida en todas las cervezas, independientemente del estilo o familia al que pertenezcan.

El lúpulo es el ingrediente principal que proporciona este sabor a la cerveza [1]. Aporta el amargor a partir de los α -ácidos presentes en la resina del lúpulo, que durante la cocción son isomerizados. El amargor se mide en unidades IBU, de forma que 1 unidad IBU equivale a 1 ppm de α -ácidos [12].

1.2.9 Dióxido de carbono

El contenido de dióxido de carbono CO₂, es uno de los criterios de calidad cruciales, ya que es necesario controlar el contenido de CO₂ de la cerveza durante el proceso productivo, de forma que se garantice que el producto final tiene el contenido adecuado solubilizado en ella, que junto con otros componentes como tensioactivos y valores oportunos de pH permiten obtener la espuma deseada en el producto final. El valor habitual de CO₂ disuelto en la cerveza suele oscilar entre 0,45 y 1,00 g/l [12].

1.2.10 Turbidez

La turbidez, es causada por las partículas en suspensión presentes en el líquido. Estas partículas normalmente son células de levaduras y formaciones de proteínas y taninos (polifenoles) [36].

Pueden distinguirse distintos parámetros al hablar de turbidez en el ámbito cervecero:

- Turbidez en frío (chill haze): Turbidez presente cuando la cerveza se encuentra a baja temperatura, 0°C o inferior. Se produce por la unión de proteínas y polifenoles mediante puentes de hidrógeno. Desaparece cuando la temperatura del producto es mayor.
- Turbidez permanente: Está presente tanto en la cerveza fría como atemperada. A veces procede de una turbidez en frío que persiste al aumentar la temperatura.

La turbidez se mide en unidades NTU o FNU (Unidad de Formancia Nefelométrica) normalmente, y se determina según la presencia de partículas en suspensión en el líquido [12].

1.2.11 La papa sabanera o tipo R-12

La papa es la base de muchas preparaciones en la mesa, sus derivados crean en diferentes sectores económicos oportunidades de negocio y desarrollo para las zonas donde se cultiva. La comercialización, el suministro y el abastecimiento de la papa y sus derivados han crecido, esto es dado por el uso de nuevas tecnologías que prevén una propuesta rentable desde el sector productivo y competitivo. En este artículo se describe el proceso de integración entre la cadena de producción y las oportunidades de comercialización y derivación que tiene la papa; una mirada internacional es imperante para los comparativos de las características, variedades, empaques, cadenas productivas y comercialización que se hace en países industrializados [2]. El grado de madurez de la papa o condiciones óptimas para la comercialización y consumo es sobre los 120 días, generalmente se cosecha entre los 90 y 100 días de sembrado, y es alrededor de los 120 días donde se presenta el grado óptimo de madurez, en este la papa posee un alto porcentaje de almidón además de características físicas y organolépticas adecuadas para el proceso. Posterior a este tiempo el sabor y condición empieza a decaer, además del contenido de almidón [55]. En este caso, la papa a utilizar es la sabanera R12, la cual se cultiva en la región Nariñense, Boyacá y Cundinamarca [56]. Esta misma se cultiva en Sudamérica a lo largo del altiplano andino, el cual comprende parte del territorio de Argentina, Bolivia, Chile y Perú [55]. Este se

asemeja al altiplano Cundiboyacense en Colombia, en el cual se cultiva la variedad de papa de interés para el proceso [56].

Las variedades de papa que se comercializan en la región por ubicación se representan en la tabla 1.

Se presenta el porcentaje de personas que producen o comercian con los diferentes tipos de papa frente al total de encuestados.

Tabla 1.

Comercialización y ubicación geográfica de diferentes tipos de papa

Tipo de papa	Ubicación geográfica					Total, por tipo de papa	Fracción tipo de papa comercializada (%)
	Bogotá	Boyacá	Villapinzón	Zipaquirá	NA		
Pastusa	32	2	1	5	1	40	82%
Sabanera (R12)	32	3	1	3	1	38	80%
Criolla	29	1	0	3	1	32	68%
Diacol capiro	8	1	0	2	0	11	22%
Del año	7	1	0	3	1	8	24%
ICA purace	1	0	0	0	0	1	2%
Otros	3	2	0	3	0	8	16%

Nota. Comercialización y ubicación geográfica de diferentes tipos de papa. Fuente La papa: un alimento de oportunidades con opciones de comercialización internacional. Equidad y desarrollo, 32, Bogotá: Revistas científicas Unisalle. 2018.

De aquí se puede analizar la región de Bogotá la sabana y zona del altiplano Cundiboyacense, con los tipos de papa comercializada, mostrando la papa de nuestro interés o sabanera en el segundo lugar de producción en las zonas mostradas. Lo cual demuestra una gran acogida y preferencia por parte de los consumidores de la región. “En total, Colombia produce alrededor de 2’782.676 toneladas de papa al año” [33].

En términos generales, la cerveza se compone por 3 materias primas de suma importancia dentro del proceso, los cuales son cebada, lúpulo y agua; esto no quiere decir que materiales como el clarificante o aditivos y adjuntos para el proceso no sean relevantes, al contrario, estos generan el factor de diversidad que busca el maestro cervecero al momento de crear y dar el carácter de su cerveza. Adicional a esto, la papa siendo tan usual en el plato de los colombianos, puede convertirse en una materia de interés también dentro del proceso de producción cervecero.

2. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA CEBADA MALTEADA Y EL ALMIDON DE PAPA SABANERA

2.1 Decreto 1686 del 2012

El decreto 1686 del 2012 [7] establece las especificaciones que debe tener una bebida alcohólica, en este caso la cerveza en sus siguientes apartados:

2.1.1 Capítulo 2, artículo 3

«Se define la cerveza como bebida obtenida por fermentación alcohólica de un mosto elaborado con cebada germinada y otros cereales o azúcares, adicionado de lúpulo o su extracto natural, levadura y agua potable, a la cual se le podrán adicionar sabores naturales permitidos por el Ministerio de Salud y Protección Social. Esta bebida está comprendida entre 2.5 y 12 grados alcoholimétricos» [7].

2.1.2 Capítulo 2, artículo 11

“Establece las prácticas permitidas en la elaboración de la cerveza.” [7].

1. «El agua utilizada debe ser química y bacteriológicamente potable.
2. Los granos y lúpulos deben estar exentos de moho, insectos, larvas y de sustancias químicas nocivas a la salud, provenientes de la fumigación (residuos de plaguicidas).
3. Las levaduras deben ser de cultivos puros exentos de contaminaciones patógenas.
4. El mosto clarificado obtenido después de las operaciones de maceración se debe someter a ebullición vigorosa durante el tiempo que sea necesario, después de lo cual, se procede a su enfriamiento hasta la temperatura inicial de fermentación.
5. La coloración se puede obtener mediante el uso de colorantes provenientes de la caramelización de azúcares.
6. Se pueden emplear agentes antioxidantes de uso permitido en alimentos por el Ministerio de Salud y Protección Social, tales como, ácido ascórbico y sus sales.
7. Para prevenir la turbiedad por frío, se pueden emplear enzimas proteolíticas, tales como, papaína, pepsina y otras enzimas de uso permitido». [7]

2.1.3 Capítulo 2, artículo 12

“Establece las prácticas *no permitidas* en la elaboración de la cerveza” [7].

1. «La adición de alcoholes, agentes edulcorantes artificiales, sustitutos del lúpulo u otros principios amargos, saponinas, materias colorantes diferentes al caramelo de azúcar, sustancias conservantes, cualquier ingrediente que sea nocivo para la salud, adición de bromato de potasio sólo o en sus mezclas.
2. Uso de materiales filtrantes como asbesto u otros materiales prohibidos en la industria de alimentos y bebidas alcohólicas» [7].

2.2 Caracterización fisicoquímica la Malta de cebada (Malta base)

La producción de cerveza requiere de una mezcla de maltas, generalmente las maltas base son las que aportan los hidratos de carbono, proteínas y enzimas. “Las enzimas permiten la modificación de almidones a azúcares fermentables y no fermentables, junto con la transformación de proteínas en péptidos y aminoácidos libres. La influencia de este tipo de maltas en la producción de cerveza quedará vinculada fundamentalmente al tenor alcohólico y al cuerpo de ésta” [3].

Dando seguimiento a las especificaciones técnicas del decreto 1686 del 2012 para la fabricación y elaboración de cervezas en el capítulo 2 y sus artículos 11 y 12 [7], las propiedades seleccionadas para contribuir a la caracterización fisicoquímica de la malta base fueron humedad, cenizas, lípidos, proteínas e hidratos de carbono, teniendo en cuenta que éstas inciden en las etapas del proceso productivo y pueden modificar las características de la cerveza artesanal obtenida.

2.2.1 Humedad

El porcentaje de humedad del grano debe tenerse en cuenta antes de comenzar el proceso de maceración para respetar la relación masa de grano/agua dentro del mismo. Además, esta variable influye en los costos de almacenamiento o pre-acondicionamiento, ya que, “a porcentajes mayores de humedad aumenta el grado de deterioro y requiere modificar la infraestructura para conseguir mantener la humedad de equilibrio” [3].

2.2.2 Cenizas

La cantidad permite cuantificar las sustancias inorgánicas, inertes al proceso de descomposición térmica, presentes en la malta. Dentro de este conjunto, “la mayoría de los componentes ejercen efectos beneficiosos en la producción de cerveza “[4]. “Los iones metálicos aumentan la eficiencia del proceso de extracción durante la maceración, actúan como catalizadores en las reacciones enzimáticas e influyen positivamente en la formación de espuma, formando complejos que ayudan a estabilizar las burbujas” [3].

2.2.3 Lípidos

“En la producción de cerveza el uso de la levadura empleada para la fermentación requiere de la presencia de lípidos y ácidos grasos para su crecimiento, sin embargo, altos contenidos de lípidos en malta aportan turbidez en la cerveza, incrementando la formación de geles, los cuales impiden una filtración adecuada de la misma” [47]. “El contenido de estos en el grano es una variable a tener en cuenta si se pretende controlar la fermentación sin descuidar el sabor y la turbidez del producto” [3].

2.2.4 Proteínas

«En la cerveza hay compuestos hidrofóbicos, hidrofílicos y otros que poseen comportamiento anfipático, cuando estos últimos alcanzan la superficie del líquido, junto a la presencia de anhídrido carbónico, producen las burbujas que son las componentes de la espuma en la cerveza. Las proteínas poseen las características mencionadas y el contenido proteico en la malta se halla estrechamente relacionado con la capacidad de formación de espuma y principalmente con la estabilidad de ésta» [48].

“Un alto nivel de proteínas aumenta la viscosidad en la cerveza, ocasionando que, al fluir lentamente alrededor de las burbujas de dióxido de carbono, retrase su escape del líquido, quedando retenido por mayor tiempo” [4].

2.2.5 Hidratos de carbono

«La mayor parte de los hidratos de carbono proviene del almidón, el cual durante el macerado absorbe agua y es degradado por la β -amilasa que actúa sobre los extremos no reductores de la cadena de almidón formando azúcares fermentables. A continuación, la α -amilasa degradará la amilosa para formar también azúcares reductores y a partir de amilopectina formará maltotriosas y dextrinas. La función principal de los hidratos de carbono es la de ser sustrato de enzimas y levaduras para la producción de alcohol durante la fermentación del mosto» [3].

Para la caracterización de estas propiedades este documento toma como base el estudio realizado por Santiago Bertune y compañeros en su trabajo sobre “Caracterización fisicoquímica de maltas disponibles en el mercado para cerveceros artesanales”[3] por el cual se toman 10 muestras de malta base generales y a cada una se le realizan las pruebas de humedad, cenizas, contenido de lípidos, proteínas e hidratos de carbono, mediante la desviación estándar, y la media determinan los límites inferiores y superiores de contenido que debe tener una malta base adecuada para el proceso de una cerveza artesanal, los resultados se pueden apreciar en la tabla 2.

Cabe mencionar que este estudio fue realizado en Argentina, y las maltas base utilizadas provienen de la ciudad de Rosario, sin embargo, son maltas base de proveedores, es decir que ya vienen industrialmente tratadas por lo tanto se pueden solicitar al proveedor y se puede hacer uso de estas, su ubicación geográfica no va a influir en sus parámetros fisicoquímicos ya que directamente no se van a obtener desde un proceso de germinado y cosecha.

Este estudio para la determinación de estas propiedades fue realizado a condiciones estándar, 1 atm y entre 17°C Y 23°C

Tabla 2.

Caracterización fisicoquímica de maltas de cebada

Propiedades	$\bar{X} \pm 2\sigma$
Humedad base seca	5,15 \pm 0,85
Cenizas	1,91 \pm 0,12
Lípidos	1,76 \pm 0,17
Proteínas	10,44 \pm 0,21
Hidratos de carbono	81,22 \pm 1,59

Nota. Esta tabla muestra cómo varían los valores promedio de las propiedades fisicoquímicas de las maltas de cebada. Tomado de: Caracterización fisicoquímica de maltas disponibles en el mercado para cerveceros artesanales, [En Línea]. Disponible: <https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/ajea/article/view/514>

2.3 Caracterización fisicoquímica del almidón de papa Sabanera

Para la elaboración de esta cerveza artesanal es necesario conocer las propiedades de una de las principales materias primas como es el almidón de papa, de acuerdo con esto “la papa contiene proteínas, carbohidratos, vitaminas como ácido ascórbico, sustancias fenólicas y ácidos nucleicos. La composición fisicoquímica tanto de la papa como la del almidón cambia según la variedad cultivada, la zona de crecimiento, la fertilización y el estado del ciclo de crecimiento de la planta “[8].

“El contenido de almidón en la papa varía entre 15% y 20% de su peso con un alto contenido de fósforo cerca de 0.08% en comparación con almidones de otras fuentes” [9]. “El almidón es un polisacárido que conjuntamente con lípidos, proteínas y ácidos nucleídos, conforman las principales clases de moléculas biológicamente activas” [10].

El almidón es una mezcla de amilosa y amilopectina, dos polisacáridos muy similares [9]. “La amilosa es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos (1,4) que conforman largas cadenas lineales, es decir, que la amilosa es una a-D-

(1,4)-glucano, cuya unidad repetitiva es la α -maltosa, la cual adquiere fácilmente una conformación tridimensional helicoidal” [49].

El estudio realizado por Oscar Hernando Pardo y demás compañeros sobre la caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa [10] permitió enfocar la siguiente metodología para el reconocimiento de estas propiedades.

2.3.1 Extracción del almidón

El almidón fue sometido a secado por corriente de aire caliente durante 8 h a 40 °C antes de los análisis.

2.3.2 Análisis fisicoquímicos

El contenido de humedad de los almidones es determinado mediante un equipo analizador OHAUS-mB23. El contenido de cenizas según el método directo AOAC 923.03 utilizando una mufla marca Terrigeno-L2 el cual es un método de bromatología. El contenido de proteína se determinó mediante el método AOAC 2001.11 (2002).

Los datos que se obtienen son sometidos a análisis de varianza *ANOVA* y la comparación de medias fue realizada mediante la prueba Tukey. Los ensayos se realizaron por triplicado en un diseño factorial con un factor (variedad de papa) y un nivel de significancia $P < 0.05$.

Los resultados obtenidos de esta investigación permiten determinar los rangos máximos y mínimos de cada una de estas propiedades fisicoquímicas del almidón de papa y se pueden observar en la tabla 3.

Tabla 3.*Caracterización fisicoquímica de variedades de almidón de papa*

Variedades	Humedad		Cenizas		Proteína	
	%	Desv.	%	Desv.	%	Desv.
Criolla	5.967 a ± 1.47	0.153	0.409 a	0.034	0.345 a	0.013
Sabanera R12	5.933 a ± 1.12	0.115	0.394 a	0.035	0.295 b	0.009
Parda pastusa	6.033 a ± 1.46	0.153	0.358 a	0.060	0.289 a	0.008
ICA Huila	6.800 b ± 0.84	0.100	0.384 a	0.098	0.339 a	0.010
ICA Puracé	6.783 b ± 0.88	0.104	0.303 a	0.034	0.306 a	0.007
ICA Única	6.900 b ± 0.42	0.050	0.443 a	0.009	0.362 b	0.044
Tuquerreña	5.830 a ± 0.60	0.061	0.239 b	0.040	0.331 a	0.014

Nota. Esta tabla muestra cómo varían los valores promedio de las propiedades fisicoquímicas de los almidones de papa, tener en cuenta que los valores con letras iguales en una misma columna no difieren en forma significativa ($P > 0.05$), según la prueba Tukey. Tomado de: Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa, [En Línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169930016002>

Para esta investigación en específico los resultados de análisis fisicoquímicos de almidón de papa que se necesitan son los de la variedad *R-12* ya que son los que hacen referencia a la papa sabanera comúnmente conocida.

“El almidón termina siendo un factor importante en la elaboración de alimentos siendo materia prima en esta industria por sus características de baja temperatura de gelatinización, baja tendencia a retrogradarse, resistencia a la degradación enzimática” [11], bajo contenido residual de grasas y proteínas. Se concluye que las propiedades fisicoquímicas, funcionales del almidón y sus productos dependen de su naturaleza, morfología y estructura.

Este capítulo sobre propiedades fisicoquímicas de las dos principales materias primas para la elaboración de la cerveza artesanal permite conocer e identificar los valores y rangos que debe tener la composición fisicoquímica de la malta y el almidón de papa adecuado para llevar a cabo este proceso de obtención de cerveza artesanal.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL BASADO EN LA TÉCNICA Y RECETA DE LA AMERICAN PALE ALE

3.1 El proceso original

La adaptación de la American Pale Ale (APA) proviene de las English pale ale, pero para esta se emplean ingredientes nativos típicos de la región, como maltas y lúpulos. En términos generales esta suele ser de un color más claro, con menos subproductos de fermentación y con un sabor menos pronunciado a caramelo.

En cuanto a ingredientes la malta pale ale americana posee doble hilera, esto favorece la germinación de la misma, puesto que requiere de apenas 1 o 2 días de germinación, frente a la malta de 6 hileras. Además la malta de doble hilera posee más contenido de beta glucanos, el contenido alto de beta glucanos favorece que después de la germinación pase muy poco al mosto y con esto que no se aumente la viscosidad de la mezcla y por ende los sólidos suspendidos para la filtración. En cuanto al lúpulo, generalmente da notas y carácter cítrico, se emplean lúpulos Americanos como Cascade, Centennial, Chinook, Amarillo o Citra. La levadura que se utiliza es la levadura del tipo Ale americana. La mezcla de maltas especiales aunque suele ser una porción pequeña, suele aportar carácter y complejidad a la cerveza.

En términos generales la American Pale Ale suelen ser menos amargas que las Indian Pale Ale y su contenido alcohólico tampoco es muy alto, generalmente menos de 5 o 6%. Suelen denominarse cervezas ligeras, suaves y aromáticas.

En términos sensoriales este tipo de cervezas suelen caracterizarse por ser rubias, suaves, ligeras, levemente amargas o secas, y aromáticas, estas a grandes rasgos son las cualidades más representativas de las cervezas tipo American Pale ale.

3.2 Cerveza Pale Ale y APA

Las tres categorías de cervezas Pale Ale más conocidas y disfrutadas por los apasionados de este estilo son English Pale Ale (EPA), Indian Pale Ale (IPA), y American Pale Ale (APA). English Pale Ale es una categoría que incluye todas las cervezas amargas de la nación inglesa. De hecho, el término «bitter» (amargo en inglés) es empleado en ocasiones para hacer referencia a cualquier cerveza de este grupo. A pesar de ello, algunos fabricantes establecen una sutil

diferencia entre las cervezas English pale ale y las bitter asegurando que las primeras poseen un mayor nivel de ésteres, así como una carbonatación superior y una espuma de alta persistencia. La categoría nació en Burton allí sus aguas ricas en calcio le otorgaron un carácter especial. En la actualidad los productores fuera de esta región añaden yeso durante la elaboración para replicar este rasgo deseable. La IPA fue desarrollada por los cerveceros británicos en un intento de crear una cerveza que soportara el largo viaje hasta su colonia en India. Para ello concibieron una versión de sus cervezas Brown ale, porter y stout caracterizada por un elevado contenido de amargor y alta graduación.

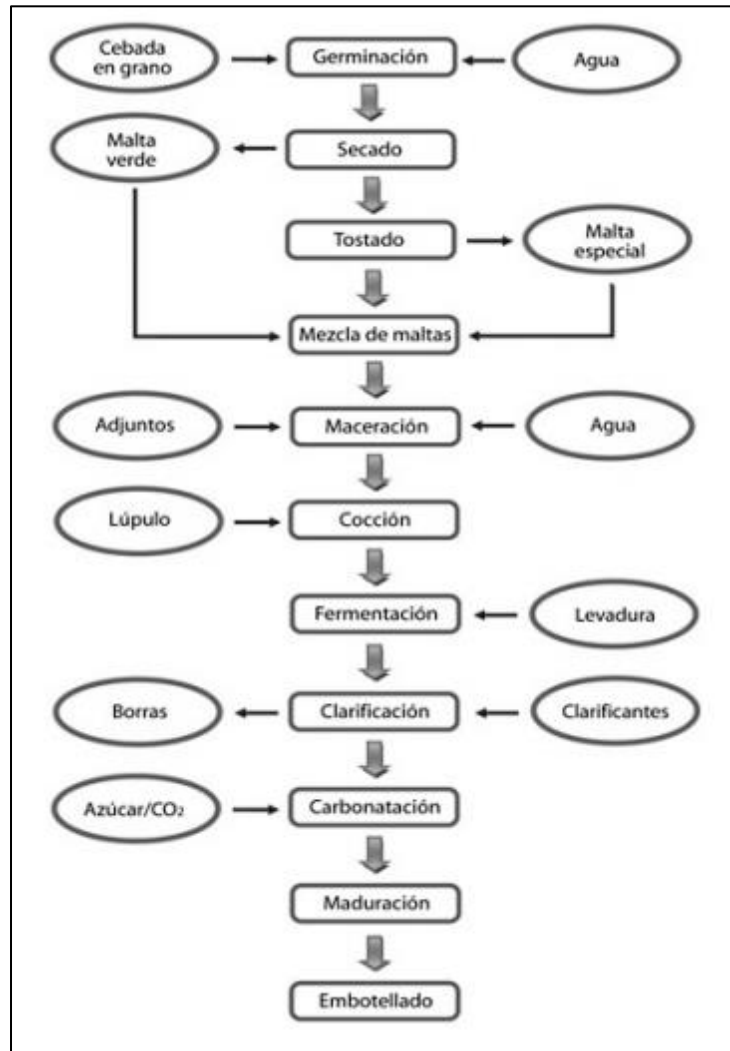
El color de la cerveza IPA puede variar de un dorado claro a un ámbar rojizo. Debido a su carácter recio, esta categoría tiene muchos amantes pero también muchos detractores. En 1980 la cervecería Sierra Nevada Brewing Company, de Estados Unidos, crea la categoría APA, la cual viene a ser una adaptación americana de las pale ale inglesas, pero en ella se han sustituidos los ingredientes originales, como el lúpulo, la malta y la levadura, por componentes que proceden de Norteamérica. Estas cervezas muestran con frecuencia un color más claro y un menor gusto a caramelo que la contraparte inglesa. Suelen ser reconocidas como las más representativas de las cervezas artesanales estadounidenses.

Las cervezas American Pale Ale tuvieron su auge en los Estados Unidos de América sobre la década de los 80's, esto desato una ola de Craft Beer a nivel nacional que desencadeno en grandes marcas y novedosos procesos. Actualmente la Sierra nevada pale ale es considerada el padre de las cervezas pale ale. Junto a esta también existe la zombie dust, una cerveza emblemática de festivales tales como el Dark Lord Day, característico por la famosa Russian Imperial Stout, dicho festival cuenta con música en vivo, food trucks y la presencia de visitantes de medio mundo apasionados por la cerveza artesanal.

3.3 Planteamiento del proceso haciendo adición del almidón de papa

Figura 3.

Diagrama de flujo general del proceso de elaboración de cerveza artesanal.



Nota. La figura 3 representa la secuencia de etapas en la elaboración de una cerveza artesanal. Tomado de: *Principios de elaboración de las cervezas artesanales*. Morrisville: Lulu Enterprises. 2017. [1]

3.3.1 Recepción de las materias primas

El primer paso que se llevara a cabo será la recepción de las materias primas, se debe hacer un control de calidad de las mismas, verificar pesos y el estado en las que estas llegan, puesto que de ahí partirá la eficiencia del proceso, y el correcto estado de las mismas hará que la cerveza o

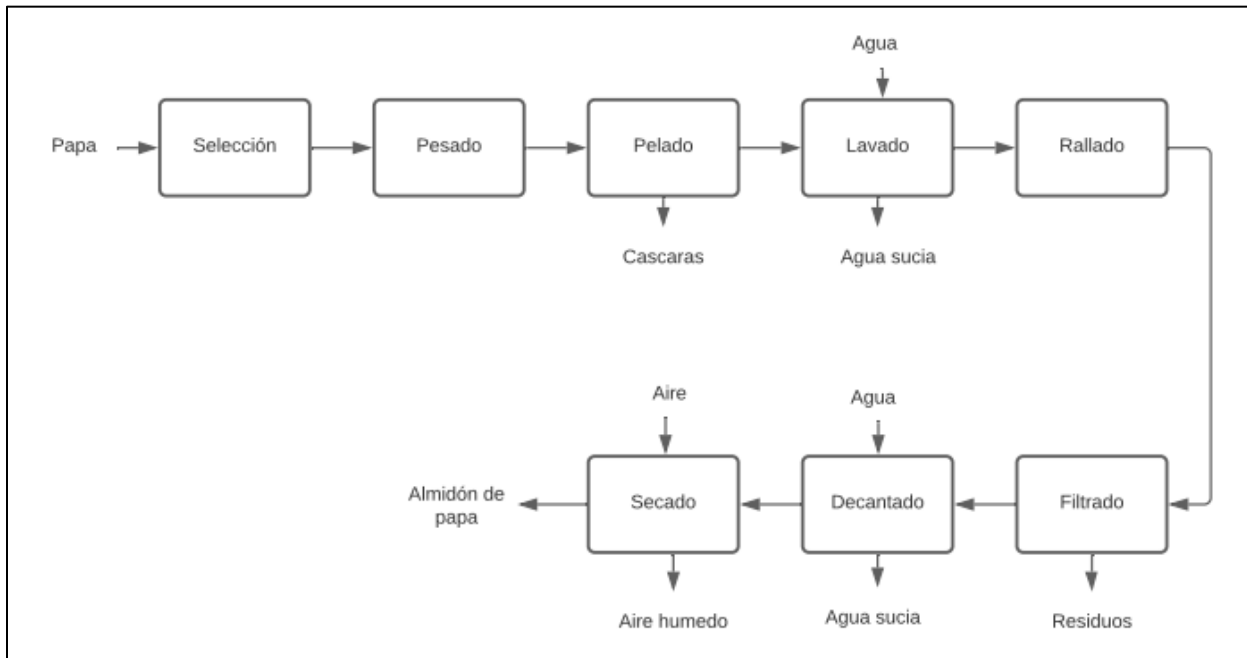
producto final tenga las mejores condiciones tanto organolépticas como fisicoquímicas, por otro se debe verificar pesos para no entrar en pérdidas económicas o ineficiencias.

3.3.2 Extracción del almidón.

La extracción del almidón de papa es un paso fundamental en este proceso, puesto que es uno de los ingredientes más importantes y emblema del proceso, donde por cada 8 kg de papa se extrae en promedio 1,17kg de almidón \pm 0,3. Antes de comenzar se aclara que el proceso de extracción se realizara por vía húmeda [57], teniendo en cuenta esto, se prosigue con el proceso. Después del control de calidad de la papa, se realiza el proceso de pelado de los 8 kg de papa, en este proceso el pelado se realiza manual con pela papas convencional, cuando ya el proceso crezca y no se empleen 8 kilos de papa sino muchos más se hará uso de un pelador industrial. Posterior a esto se hace un lavado con abundante agua para eliminar impurezas y restos de cascará [34], el lavado será en un tanque con agitación, haciendo uso de proporción 1 a 1 para la cantidad de agua, por cada kilo de papa un litro de agua [57]. Seguido del lavado se realiza un proceso de rayado, empleando un rayador; primero un rayador convencional y más adelante uno industrial, y con esto se llevara la papa hasta una pasta delgada, la cual se mezcla con 6L de agua y se compacta suavemente, posterior se lleva a un filtro de malla, en este el filtro utilizado será de 90 μ m, y el filtro llevara una potencia de rotación de 140 rpm, esto por 30 min [58] donde se separa la fase acuosa de la materia orgánica sólida. Esta mezcla acuosa denominada lechada se almacena y se deja reposar tapado por 2 horas a temperatura ambiente ($<25^{\circ}\text{C}$), pasado ese tiempo se elimina el agua, se hace otro lavado con 6L de agua y finalmente se deja reposar tapado por 2 horas a temperatura ambiente ($<25^{\circ}\text{C}$); esto para llevar a sedimentar el almidón, pasado el tiempo establecido se elimina el agua primero por el método de decantación [57]. El precipitado es almacenado y llevado posteriormente a estufa para su secado, a temperatura de 150°C y por al menos 30min el esquema de proceso se aprecia en la figura 4. [34]

Figura 4.

Diagrama de proceso de la extracción del almidón de papa.



Nota. La figura 4 representa la secuencia de etapas en la extracción del almidón de papa.

3.3.3 Proceso de la cerveza.

3.3.3. a Malteado. “Generalmente las grandes cervecerías y las artesanales, no producen su propia malta ni realizan un proceso de malteado [1]”, puesto que es más rentable comprarla a distribuidores ya establecidos. Con esto se ahorran tiempo, dinero y esfuerzo que pueden ser aprovechados en otros frentes del proceso. El proceso de malteado en general consta de 3 etapas las cuales son la germinación, el secado y el tostado.

Previo al proceso de germinación, se da el proceso de remojo, en el cual se toman los granos más grandes de cebada, y, para favorecer la actividad enzimática se aumenta el nivel de humedad entre un 35 - 45% [20]. La temperatura óptima del agua debe ser alrededor de los 15°C y además esta debe ser oxigenada o removida con frecuencia para evitar que el grano se ahogue, este proceso tiene una duración de 72 horas, pasado este tiempo, el grano empieza a germinar; en este paso, las proteínas se descomponen en aminoácidos y las paredes de las células en almidón y beta glucanos. Posteriormente el grano debe extenderse y dejarse ventilar por lo menos por 5 días, obteniendo así una malta verde [14].

A este proceso de germinación es necesario interrumpirlo para secar la malta verde, este proceso se lleva a cabo en tambores de secado, y la idea es reducir el porcentaje de humedad un 2 - 3% para las maltas claras y entre 4 y 4,5% para maltas oscuras, cabe resaltar que en este momento del proceso es donde se dan las maltas con características especiales, o maltas tostadas. Pero así mismo entre más tostada la malta menos poder enzimático tendrá. [14]

3.3.3. b Mezcla de maltas. Es bien sabido que el utilizar solamente malta verde no está mal, pero generalmente esta se mezcla con otras maltas tostadas para darle al producto otras características de color, aroma y sabor. Por ende, una buena mezcla de maltas aporta cuerpo, aroma y sabor, además que constituyen la personalidad de la cerveza [16].

Para esta ocasión se basará en el proceso básico y popular de la cerveza American Pale Ale (APA), se toma como base de cálculo la producción de 30L de cerveza, para esto haciendo referencia al libro principios de elaboración de cerveza artesanal [1], se decide tomar las siguientes proporciones ya mencionadas en este; 4,5kg de malta base, 0,06kg de malta chocolate y 0,12kg de malta caramelo [1].

Para este proceso se basan las proporciones según los autores (Araujo y Pilco, 2014) en su estudio sobre la influencia del porcentaje de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y azúcar en la producción de cerveza artesanal de cebada (*Hordeum vulgare*) [15], la proporción de malta y almidón será de 80-20% respectivamente, teniendo esto en cuenta, se disminuirá en un 18% la malta base, y en 1% la malta de chocolate y la malta caramelo. Las nuevas cantidades de malta son: 3,69 kg de malta base, 0,0594 kg de malta de chocolate y 0,1188 kg de malta caramelo.

3.3.3.c Maceración o Mashing. Este proceso se basa principalmente en someter una mezcla de agua y granos a una temperatura determinada y durante un tiempo específico con el objetivo de lograr que las enzimas de la malta actúen sobre los cereales y adjuntos no malteados transformando su almidón en azúcar fermentable.

Para este paso, como ya se mencionó en el apartado anterior, según los autores (Araujo y Pilco, 2014) se toma la mezcla de maltas y el almidón en una proporción de 80-20%, siendo la cantidad de almidón a adicionar de 0,967kg. [15].

Se lleva a cabo el proceso de maceración simple, empleando un tiempo de 90 minutos y manteniendo una temperatura de 67°C, además de esto se debe añadir un total de 45 L de agua teniendo la base de cálculo de producción de 30 litros de cerveza.

3.3.3.d Cocción. En este proceso se esteriliza el mosto, se acentúa el color y sobre todo se coagulan las proteínas, lo cual favorece la obtención de una cerveza con menos turbidez [20]. En este paso se lleva a cabo la adición del lúpulo, la función del lúpulo, como ya se mencionó anteriormente, es la de da amargor y aroma. No obstante, cuanto más prolongado sea el contacto del lúpulo con el mosto, más amargor se va a extraer. Por otro lado, en cuestión de aroma, el lúpulo se suele añadir los últimos 10 minutos de la cocción. “Pasado este tiempo debe llevarse rápidamente de 100°C a 25°C para que las levaduras puedan actuar [1]”.

En algunos casos y estilos determinados, la cocción se lleva hasta las 3 o 4 horas.

En general la cocción debe darse de manera vigorosa y permitiendo la evaporación de agua, esto debido a que facilita la evacuación de compuestos no deseados dentro del sabor y aroma de la cerveza [16].

En este paso se hace la adición del lúpulo, para este caso se emplea lúpulo del tipo *Cascade*, este se añade en dos momentos, el primero es recién inicie la cocción, se añaden 10gr en ese momento, y pasados 85 minutos de cocción, se añaden otros 10gr de lúpulo. La duración total de la cocción es de 90min [1].

3.3.3.e Fermentación. Cuando se habla de fermentación en la industria de la cerveza es necesario tener en cuenta el hecho de que existen dos tipos de fermentación; la alta fermentación, para cervezas tipo “Ale” y la baja fermentación, para cervezas “lager”. En el proceso de la alta fermentación las levaduras forman un aglomerado que queda suspendido en la parte superior del líquido, mientras que en la baja fermentación la levadura se precipita en el fondo del mismo [20]. Además de esto es de importancia traer a colación el hecho de que ambas fermentaciones tienen tiempos y temperaturas diferentes, así mismo las dos cuentan con dos pasos, el primero es la fermentación simple o solo fermentación, alta o baja, como ya se hizo mención anteriormente y la segunda se conoce como maduración. [35]

El proceso de fermentación es importante dentro del proceso de producción de cerveza artesanal, en este, la levadura se alimenta de los azúcares presentes en el mosto y libera etanol y dióxido de

carbono. El proceso generalmente dura de una semana a 10 (diez) días, esto a una temperatura promedio de 20°C [16].

Cuando se realiza el inóculo o se comienza como tal la fermentación la levadura empieza a reproducirse, factores como el oxígeno disponible, las fuentes de nitrógeno, los azúcares fermentables y demás nutrientes presentes en el mosto, hacen de la fermentación un proceso exitoso o no [60]. Posterior a esto, cuando el oxígeno es consumido por la levadura, se detiene la reproducción y empieza la etapa anaerobia, en la cual la glucosa se transforma en etanol y CO₂. [35].

La ecuación general de la fermentación alcohólica es:



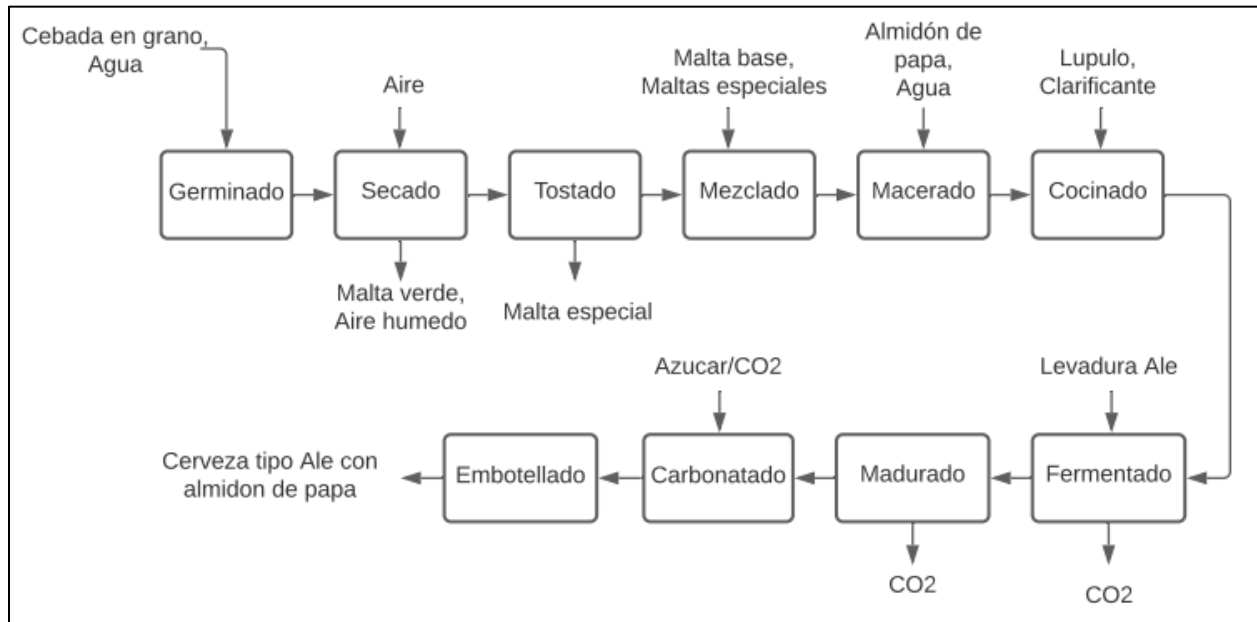
Para la fermentación se utilizan 11gr de levadura Ale americana, como se mencionó anteriormente, el proceso se realiza a 20°C y toma alrededor de 7 a 10 días, esto depende entre otras cosas de la turbulencia registrada en el mosto, o en su defecto si se puede registrar la gravedad específica, se suspende la fermentación cuando esta registre un mismo valor por 3 días, o cuando el cambio del valor sea muy mínimo [35].

3.3.3.f Clarificación. Se añaden 5 gramos de clarificante Irish Moss disuelto en agua fría, esto los últimos 15 minutos de la cocción. Esto para mejorar el color y la transparencia de la cerveza; este clarificante Irish Moss se ubica en la clasificación de clarificantes en caliente, estos se caracterizan debido a que se añaden en los últimos minutos de la cocción justo cuando va a finalizar el hervido, con esto se ayuda a decantar las partículas sólidas y las precipita al fondo.

3.3.4 Proceso de la cerveza añadiendo almidón de papa

Figura 5.

Diagrama de flujo de producción de cerveza tipo Ale con almidón de papa y cebada malteada.

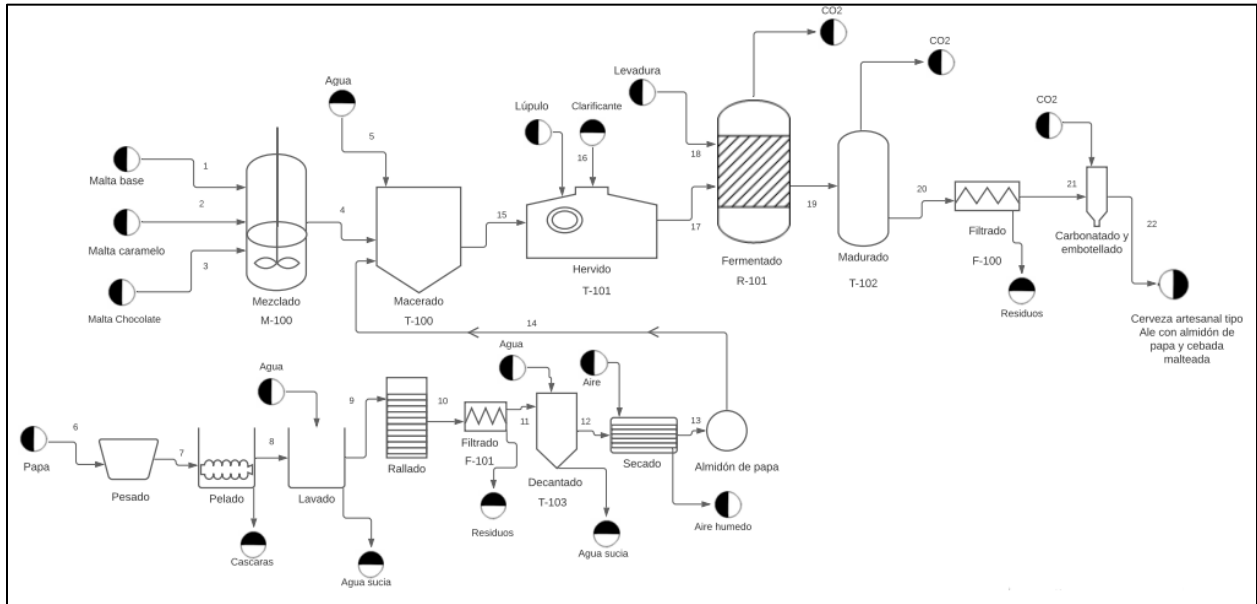


Nota. La figura 5 representa la secuencia de etapas del proceso completo para la producción de cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa.

3.3.5 Diagrama PFD del proceso

Figura 6.

Diagrama pfd de producción de cerveza tipo Ale con almidón de papa y cebada malteada.



Nota. La figura 6 representa el diagrama de procesos completo para la producción de cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa.

3.3.6 Tipo de proceso

“Por muchos años, el único método conocido para fermentar cerveza fue un lento proceso de fermentación discontinuo o por lotes (batch), llevado a cabo en un sencillo recipiente de fermentación” [37]. En esta investigación también se realiza como un proceso Batch a escala industrial en donde se toma como referencia inicial de prueba la producción de 30 litros de cerveza, más sin embargo para poder incidir en el mercado de cervecería artesanal en Colombia se busca la estimar la producción de 40000 litros anuales, teniendo en cuenta el tiempo que tarda la fermentación de este proceso (7 días) y el tiempo de maduración (3 días), con un tiempo aproximado de producción de la cerveza en 10 días.

Con el fin de lograr la producción de los 40000 litros anuales, se deben realizar 2 Batch por cada 10 días es decir 6 Batch mensuales y un total anual de 72 Batch.

3.3.7 Balance de masa

Dentro de las consideraciones del proyecto se tuvo en cuenta la ley de conservación de la materia, en la cual se establece que la materia no se crea ni se destruye, principio con el cual se desarrolla este balance de materia. Lo que entra es igual a las salidas.

La base de cálculo utilizada para este balance es para la producción de 30L de cerveza artesanal tipo Ale con almidón de papa.

También se tiene en cuenta la ecuación general de balance:

$$\mathbf{Entradas - Salidas + Generación = Acumulación} \quad \text{Ecu. 6}$$

De la cual teniendo en cuenta el postulado de la ley de conservación de la materia, no se tendrá en cuenta el parámetro de generación ni acumulación. La Ecu. 6 queda de la forma:

$$\mathbf{Entradas = Salidas} \quad \text{Ecu. 7}$$

Se procedió a realizar el balance de materia del proceso equipo por equipo, en primera instancia se realiza el balance de la extracción del almidón de la papa, y posterior el de la producción de cerveza con cebada malteada y almidón de papa. Los datos se muestran en las tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

Tabla 4.

Balance de masa en el pelado de la papa,

Pelado		
Concepto	Entrada	Salida
Papa (kg)	8,00	7,60
Desecho (kg)	0,00	0,40

Nota. Se aprecia un desecho de 0,4 kg procedentes de la cascara de la papa.

Tabla 5.

Balance de masa para el lavado de la papa

Lavado		
Concepto	Entrada	Salida
Agua limpia (L)	6,00	0,00
Agua sucia (L)	0,00	6,10
Papa (kg)	7,60	7,50

Nota. La masa perdida de papa se encuentra en mezcla junto con el agua limpia utilizada en el proceso.

Tabla 6.

Balance de masa para el rayado de la papa

Rayado		
Concepto	Entrada	Salida
Papa (kg)	7,50	7,50

Nota. No se presenta una perdida significativa de masa de papa en el rayador.

Tabla 7.

Balance de masa para la unidad de filtrado proceso de la papa

Filtrado		
Concepto	Entrada	Salida
Lechada	7,50	7,48
Residuos	0,00	0,02

Nota. Los residuos se deben a deficiencias en el pelado.

Tabla 8.

Balance de masa para el decantador, proceso de la papa

Decantado		
Concepto	Entrada	Salida
Lechada	7,48	2,99
Agua	0,00	4,48

Nota. En la decantación se elimina parte del agua presente en la lechada.

Tabla 9.

Balance de masa para el secador

Secado		
Concepto	Entrada	Salida
Lechada	2,99	0,00
Almidón	0,00	1,17
Agua	0,00	1,82

Nota. Se elimina el agua restante y se obtiene el almidón.

Ahora se da continuación al balance de masa proceso completo cerveza de malta de cebada y almidón de papa, los resultados se observan en las tablas 10, 11, 12, 13.

Tabla 10.

Balance de masa en el mezclador.

Mezclado		
Concepto	Entrada	Salida
Malta de cebada (kg)	3,69	3,69
Malta de chocolate (kg)	0,06	0,06
Malta caramelo (kg)	0,12	0,12
Total	3,87	3,87

Nota. Composiciones iniciales de maltas en la cerveza.

Tabla 11.

Balance de masa en el Macerador

Macerado		
Concepto	Entrada	Salida
Almidón papa (kg)	0,97	0,97
Mezcla maltas (kg)	3,87	3,87
Agua (L)	42,00	42,00
Total	46,84	46,84

Nota. Adición del almidón a la mezcla de maltas, se agrega y se espera obtener los azúcares fermentables.

Tabla 12.

Balance de masa en el hervidor

Cocinado		
Concepto	Entrada	Salida
Mosto (kg)	46,84	35,13
Lúpulo (kg)	0,02	0,02
Clarificante (kg)	0,01	0,01
Total	46,86	35,15

Nota. Las pérdidas en el mosto se deben a la ebullición del agua.

En este punto se considera el término de la generación dentro de la Ecu. 8, puesto que la fermentación se lleva a cabo en un reactor, en el cual se produce etanol y CO₂ como productos de la reacción, la nueva ecuación queda de la forma

$$\mathbf{Entradas + Generación = Salidas}$$

Ecu. 8

Tabla 13.

Balace de masa en el fermentador, madurador y filtro

	Fermentado		Madurado		Filtrado		
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	
Mosto	35,15	30,02	30,02	30,02	Cerveza	30,02	30,00
					Residuos	0,00	0,02

Nota: Se evidencian las cantidades del balance masa de los procesos de fermentación, maduración y filtrado final del proceso.

Dentro del balance de masa en la fermentación se realizaron los cálculos respectivos para obtener el porcentaje de alcohol que se espera obtener en la cerveza.

Primero se parte del hecho que el 60% de la cebada malteada está compuesta por azúcares fermentables, lo cual sumado con la cantidad de almidón ya definido para el proceso queda de la forma

$$(\text{Malta base} + \text{Malta Chocolate} + \text{Malta Caramelo}) * 0,6 + \text{Almidón de papa} = \text{Total mezcla fermentable} \quad \text{Ecu. 9}$$

$$(3,69 + 0,06 + 0,12) * 0,6 + 0,97 = 3,28\text{kg} \quad \text{Ecu. 10}$$

Haciendo el cambio a moles

$$3287,92 \text{ g } C_6H_{12}O_6 * \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180,15 \text{ g}} = 18,25 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \quad \text{Ecu. 11}$$

Teniendo en cuenta la estequiometria de la reacción, la cual es 1:2, y también realizando el cambio de moles de etanol a gramos de etanol y después a mililitros de etanol

$$18,25 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 * \frac{2 \text{ mol } C_2H_5OH}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} * \frac{46,07 \text{ g } C_2H_5OH}{1 \text{ mol } C_2H_5OH} * \frac{1}{1000} * \frac{1 \text{ m}^3}{789 \text{ Kg}} * 100^3 = 2131,29 \text{ ml} \quad \text{Ecu. 12}$$

Ahora, para el porcentaje de alcohol, se dividen los mililitros de etanol obtenidos por los mililitros de cerveza obtenidos

$$\frac{2131,29ml \text{ etanol}}{30000ml \text{ cerveza}} * 100 = 7,1\% \quad \text{Ecu. 13}$$

Teniendo en cuenta la eficiencia de reacción del 80%, el porcentaje final de alcohol sería

$$7,1\% * 0,8 = 5,6\% \quad \text{Ecu. 14}$$

Finalmente se obtienen 5,6 grados de alcohol en la cerveza.

Ahora bien, se continúa con los cálculos para la cantidad de CO₂ que es obtenido en el proceso fermentativo.

Se trae nuevamente la Ecu. 11, con la cual se establece el cambio de gramos fermentables totales de glucosa a moles fermentables totales de glucosa.

$$3287,92 \text{ g } C_6H_{12}O_6 * \frac{1molC_6H_{12}O_6}{180,15g} = 18,25molC_6H_{12}O_6 \quad \text{Ecu. 11}$$

Se considera la estequiometría de reacción en términos del CO₂ producido, se tiene que es de la forma 1:2, luego, el cambio de moles de glucosa a moles de CO₂ producidos y después a Kg de CO₂ queda,

$$18,25molC_6H_{12}O_6 * \frac{2molCO_2}{1molC_6H_{12}O_6} * \frac{44,01gCO_2}{1molCO_2} * \frac{1}{1000} = 1,61kgCO_2 \quad \text{Ecu. 15}$$

Según la Ecu. 14 la cantidad teórica de CO₂ en 30L de cerveza es de 1,61kg. Teniendo en cuenta que la eficiencia del proceso es del 80%, la cantidad real de CO₂ presente en la cerveza es de

$$1,61kgCO_2 * 0,8 = 1,28kgCO_2 \quad \text{Ecu. 16}$$

Finalmente, para el proceso de 30L de cerveza se obtienen 1,28kg de CO₂.

3.3.8 Balance de energía

Para el balance de energía, también se aplicó el principio de conservación de la energía, en el cual esta no se crea ni se destruye, sino que se transforma. De igual manera, la base de cálculo se realizó para la producción de 30L de cerveza artesanal tipo Ale con almidón de papa. Para este se tienen las siguientes convenciones:

T_i: Temperatura de entrada al macerador °C.

λ: Calor latente.

T_f: Temperatura a la salida del macerador °C.

Q_c: Calor cedido.

Q_g: Calor ganado.

T_e: Temperatura de entrada a la cocina °C.

T_s: Temperatura a la salida de la cocina °C.

dT: Variación de temperatura °C.

C_{p1}: Capacidad calorífica a la entrada del macerador.

C_{p2}: Capacidad calorífica a la entrada de la cocina.

V₁: Masa de vapor necesaria en macerador Kg.

V₂: Masa de vapor necesaria en las cocinas Kg

Los datos se finales de los cálculos se consignan en la tabla 14.

Tabla 14.

Balace de energía para el proceso

Equipo	Datos		Ecuaciones	Resultados
Macerador	Ti (°C)	30	$Q_g + Q_c = 0$	$Q_g = 15516,12 \text{ kJ}$ $Q_c = -15516,12 \text{ kJ}$ $V1 = 7,56 \text{ kg}$
	Tf (°C)	71	$Q_g = -Q_c$	
	Cp1 (kJ/kg°C)	3,29	$Q_g = M_n * dT * C_{p1}$	
	λ (kJ/kg)	2051,6	$Q_c = V1 * \lambda$	
	Mn (kg)	113,3	$V1 = Q_c / \lambda$	
Tanque de coccion	Te (°C)	30	$Q_g + Q_c = 0$	$Q_g = 25920 \text{ kJ}$ $Q_c = -25920 \text{ kJ}$ $V2 = 12,63 \text{ kg}$
	Ts (°C)	105	$Q_g = -Q_c$	
	Mc (kg)	108	$Q_g = M_c * dT * C_{p2}$	
	Cp2 (kJ/kg°C)	3,26	$Q_c = V2 * \lambda$	
			$V2 = Q_c / \lambda$	
Fermentador	P (mPa)	0,784	$V_{tot} = V1 + V2$	$V_{tot} = 20,18 \text{ kg}$ $Q_g = 55860,26 \text{ kJ}$ $Q_c = -69825,32 \text{ kJ}$ $M_{comb} = 1,62 \text{ kg}$ $Q_T = -13965,06 \text{ kJ}$ $Q_T = 3,88 \text{ kWh}$
	η	0,8	$Q_g + \eta * Q_c = 0$	
	dHvap (kj/kg)	2768,1	$Q_c = -Q_g / \eta$	
	Pc (kj/kg)	43064	$Q_g = V_{tot} * dH_{vap}$	
			$Q_c = M_{comb} * P_c$	
		$Q_T = Q_g + Q_c$		

Nota: Balance de energía en los equipos con relación al mismo.

Finalmente se puede decir del proceso de elaboración de cerveza artesanal con almidón de papa y cebada malteada, que es en gran manera similar al proceso general de cerveza, se realiza el proceso de mezcla de maltas, de macerado, de cocción, fermentación y en general cada proceso de manera normal, la única diferencia, que en realidad es la que marca un precedente dentro del proceso es la adición del almidón de papa en el proceso de maceración, se reemplaza una parte de la cebada malteada por almidón de papa y se continúa con el proceso normal. Se presenta el balance de masa y energía y se puede apreciar una consistencia en los datos, ya que estos dan una visión importante del proceso como tal.

4. METODOLOGÍAS PARA LA MEDICIÓN DE LOS FACTORES DE ESTUDIO EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL DE CEBADA Y PAPA SABANERA

Este capítulo se encuentra enfocado en la justificación de algunos de los parámetros físicos y químicos que se deben medir a la cerveza final obtenida. Estos parámetros sirven para establecer y clasificar la cerveza en los distintos estilos existentes, además de proporcionar la información legal [7] que debe aportarse para la comercialización del producto siguiendo todas las especificaciones para su posible consumo.

4.1 Determinación del grado alcohólico

Es de vital importancia la determinación de este parámetro para conocer si es obligatorio la declaración del grado alcohólico en la etiqueta del producto [7], para esto se consideran los siguientes métodos.

4.1.1 Destilación y densimetría

«Para la determinación del grado alcohólico se realiza, primero, una destilación para separarlo del resto de componentes de la cerveza y posteriormente, mediante densimetría en el destilado, se conoce la graduación alcohólica. El principio físico de la separación por destilación es la diferencia de temperaturas de ebullición. Es decir, la distinta tendencia de los componentes para distribuirse en las fases líquido y vapor» [50].

«El proceso consiste en calentar un líquido hasta que se separan los componentes con distinta tendencia a cambiar de fase. Los componentes más volátiles saldrán por la parte superior del recipiente en forma gaseosa y los de menor volatilidad quedarán retenidos en la fase líquida. El producto deseado de la destilación, en este caso, es el vapor que sale por la corriente superior, que se enfría y pasa a fase líquida mediante condensación. Midiendo la densidad de la muestra inicial y del destilado, se conoce cuál es la fracción del componente volátil en la muestra inicial» [12].

” Para el caso de la mezcla alcohol-agua, al subir la temperatura a presión atmosférica, se llega a un punto en el que se forma una mezcla azeotrópica. Esta mezcla azeotrópica tiene un punto de ebullición de 78,2 °C, cuando esa temperatura se mantiene en el termómetro ha llegado el

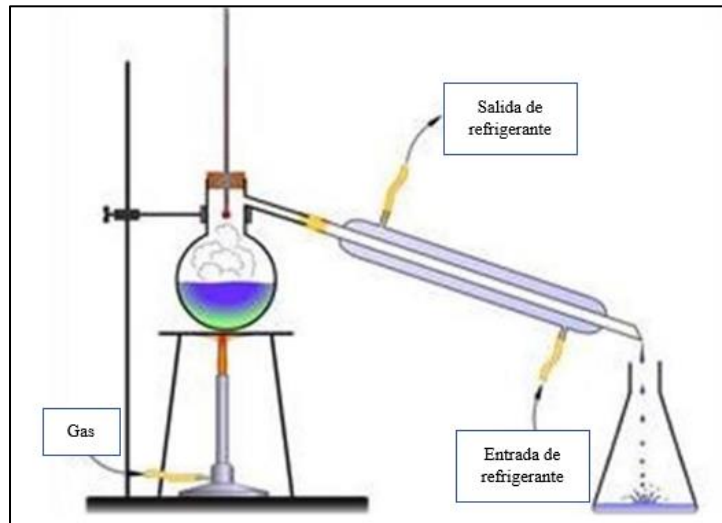
momento en que no se obtendrá más separación del componente volátil” [51].

4.1.1 a Procedimiento. El procedimiento para medir el contenido alcohólico de una muestra de cerveza se detalla a continuación. Para ello el laboratorio debe encontrarse en unas condiciones de temperatura adecuadas de 20 °C. Esta temperatura debe ser considerada para los cálculos posteriores en caso de que fueran necesarios.

«Debe de tenerse preparado el dispositivo de destilación, que consta de tubo de refrigerante Liebig, fuente de calor, tapón y termómetro para matraz de destilación y matraz aforado de 150 ml, en baño termostatado a 20 °C, para la recogida del destilado. La entrada y salida de agua refrigerante del tubo deben estar respectivamente conectadas a la fuente de agua y ubicada en lavabo para desagüe o dónde proceda. La fuente de calor será en este caso una manta calefactora facilitando la correcta distribución de la temperatura aplicada a la muestra. Por último, el tapón debe tener acoplado el termómetro con sensibilidad de al menos 0,1 °C y el erlenmeyer debe de estar correctamente ubicado asegurando que la salida del destilado esté lo más dentro del matraz que sea posible» [12], el montaje de este método se aprecia en la figura 7.

Figura 7.

Representación del montaje de medición de grado alcohol por el método de destilación



Nota. La figura representa el montaje de equipos de laboratorio para llevar a cabo la destilación. Tomado de: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/92817/fichero/TFG-2817+PIC%C3%93N-2817+PIC%C3%93N-S%C3%81NCHEZ%2C+MAR%C3%8DA.pdf>

«Se requiere previa preparación de la muestra. Para ello, se vierten 400 ml de cerveza en un matraz erlenmeyer de capacidad superior a 500 ml. La muestra se agita con la mano o en agitador mecánico, de forma que se elimine el contenido de CO₂ que permanecía disuelto en ella. Después, se filtra la muestra a través de un papel de filtro seco sobre un embudo, recogiendo el filtrado en un matraz erlenmeyer de 500 ml» [18]. Para la destilación, se pesan 100 g de muestra, en matraz de destilación de 500 ml, del cual se debe considerar el peso para conocer realmente la cantidad de muestra pesada. “Tras esto, se le añade aprox. 50 ml de agua destilada. Se tapa el matraz de destilación con el tapón y se ubica el termómetro de forma que esté en contacto con el vapor que pasará a condensar, se conecta al resto del montaje y se calienta suavemente” [18].

“Debido a la diferencia entre las temperaturas de ebullición de alcohol y agua, el alcohol se evaporará, ascenderá y pasará por el tubo de refrigeración, donde condensará dejando caer el

alcohol condensado sobre el matraz aforado, al que se le han añadido previamente aprox. 10 ml de agua destilada, ubicado en baño frío a 20 °C” [12].

Cuando la temperatura llega al valor en que la mezcla es azeotrópica, 78,2 °C, y se han recogido entre 80-90 ml de destilado, se detiene la destilación. Posteriormente, se homogeniza la muestra y se enrasa con agua destilada el matraz aforado de 150 ml. En este punto ya se tiene el destilado. Es una mezcla hidroalcohólica que contiene todo el volumen de alcohol que contiene el volumen de cerveza utilizado en un inicio, sin solutos no volátiles que influyan en la densidad [51].

A continuación, se procede a determinar su densidad mediante picnometría. Mientras se prepara el picnómetro, el matraz aforado con el destilado se mantendrá en el baño termostataado para que no varíe su temperatura [39].

4.1.2 Espectroscopia de infrarrojo cercano NIR

«La espectroscopía de infrarrojo cercano permite de forma menos rudimentaria, la determinación del contenido en alcohol, gracias a la energía vibracional de las moléculas de etanol. Se basa en el fenómeno de absorción de radiación por parte de átomos o moléculas y la posterior liberación de la energía para volver a su estado habitual. La absorción de energía se realiza por unas especies u otras en función de la longitud de onda, de esta forma las moléculas absorberán varias longitudes de onda y los átomos longitudes concretas. En concreto, en la espectroscopía de infrarrojo cercano, el intervalo espectral va desde los 780 nm a 2500 nm, habitualmente expresado en unidades de número de ondas, en cm^{-1} ». [19]

“Los equipos NIR permiten trabajar con distintos registros de espectros; Transflectancia, reflectancia y transmitancia. El modo que resulta interesante para la determinación del grado alcohólico es la transmitancia” [19]. «En este caso, el espectroscopio emite una radiación a la longitud de onda determinada. Las moléculas presentes en la muestra absorben parte de la radiación que les llega, por lo que la radiación que llega a la muestra que contiene la cubeta y la que sale de ella no será la misma. A partir de la diferencia de radiación, se obtienen parámetros como Transmitancia y Absorbancia, valores que serán tratados por el equipo que mediante la ley de Beer proporcionando el valor de concentración de alcohol en la muestra». [12]

4.1.2 a Procedimiento. «Para medir la absorción de la muestra en el fotómetro es necesario que a esta se le aplique un tratamiento previo similar al del resto de análisis. Esta preparación sigue las mismas pautas que en el método de Destilación y densimetría. En este caso se realiza en un erlenmeyer de 250 ml, dado que se necesita menos volumen de muestra para el análisis. La muestra debe quedar sin CO₂ ni espuma. Se requiere previa preparación del equipo, para ello se escoge el rango de longitudes de onda en el que se quiere medir, que para etanol es de 1670-1740 nm» [17].

“Además, se selecciona la variable de las que propone el equipo que se desea conocer. Los resultados que suelen proporcionar son: Absorbancia, transmitancia y concentración. En este caso se selecciona absorbancia. Para obtener datos cuantitativos, es necesario realizar patrones de soluciones de etanol con concentración conocida para calibrar el equipo” [12]. “Se preparan patrones de concentraciones que varíen entre 3,0% v/v y 7,0% v/v de alcohol, de esta forma se tiene información de valores cercanos al de la muestra, al encontrarse las cervezas habituales en ese tramo con un contenido habitual de alcohol que en este producto oscila entre 4,3 % y 5,9% “[20].

«Si la cerveza a analizar tuviera un grado alcohólico que no se ubique entre los valores habituales, se variaría la concentración de los patrones a utilizar. Para la obtención del patrón, se toma el volumen de muestra necesario mediante pipeta y se vierte en la cubeta o viales del equipo. Esto se repite con cada muestra de distinta concentración, de forma que, siguiendo las instrucciones, se mide la absorbancia de las distintas muestras y el equipo genera el patrón con el que comparará la muestra de interés. Finalmente, se repite el proceso, pero con la muestra de la que queremos conocer la cantidad de alcohol. El equipo, proporcionará mediante su sistema de tratamiento de señal, directamente el valor de concentración de alcohol presente en ella» [52].

4.1.3 Cromatografía de gases

Este método es reconocido para la determinación del grado alcohólico consiste en la realización de una cromatografía de gases, en concreto, una cromatografía del tipo gas-líquido. Es menos habitual la determinación de grado alcohólico por este método, a no ser que se requieran resultados muy precisos, como es el caso de cervezas de bajo contenido alcohólico o sin alcohol

[7]. Esto se debe al elevado coste de los equipos, aunque resulta un método fiable y de elevada sensibilidad, capaz de proporcionar buenos resultados.

4.1.3 a Procedimiento. «Se requiere preparación de la muestra de cerveza, de la misma forma que en Destilación y densimetría. Debe quedar exenta de CO₂ y turbidez. En este método la muestra habitualmente es de cerveza sin alcohol o de bajo contenido en alcohol. En el método cromatográfico, para la determinación de la concentración de analito a partir del cromatograma, es necesaria la confección de una curva patrón mediante disolución de concentración conocida en el componente. Se preparan disoluciones de etanol 0,2% 1,0% y 1,4%. v/v. A partir de etanol al 99,9 % y agua destilada. Estas disoluciones se inyectan en el cromatógrafo mediante microjeringa, se volatilizan en el horno y se desplazan con la fase móvil a lo largo de la columna, dónde por mecanismo de partición el analito se retiene durante determinado tiempo en la fase estacionaria. Tras esto abandona la columna y pasa por el detector que emite señal obteniéndose el cromatograma respectivo» [12]. Después, a partir del área bajo los picos del cromatograma y los valores de concentración se calculan los coeficientes para obtener una ecuación lineal (17).

$$Y = M * X + C \quad \text{Ecu. 17}$$

Dónde:

- Y: Valor del área bajo el pico.
- m: Pendiente.
- x: Contenido etanol en patrón en vol.
- C: Ordenada en el origen.

Tras esto se realiza el mismo procedimiento para la muestra en la que se quiere determinar la concentración de etanol y se obtiene cromatograma.

Mediante la muestra patrón se obtienen los parámetros m y C usando la ecuación anterior (17). De la que a partir de datos de área bajo el pico en el cromatograma de la muestra se puede calcular el contenido de etanol en ella en % v/v (18) [53].

$$\% \left(\frac{v}{v} \right) = \frac{Area - C}{m} \quad \text{Ecu. 18}$$

Dónde:

- %(v/v): Contenido de etanol en la muestra en vol.
- C: Constante procedente de la curva patrón. Ordenada en el origen
- m: Constante procedente de la curva patrón. Pendiente

Para poder cuantificar el valor del grado de alcohol, los tres métodos anteriormente mencionados resultan ser efectivos sin embargo el más recomendable es el de destilación y densimetría con ayuda del picnómetro, ya que es un método más riguroso en sus procedimientos y el montaje utilizado se puede obtener de manera más fácil con respecto a equipo necesario para los otros dos métodos mencionados.

4.2 Determinación del pH

4.2.1 Potenciometría

“La determinación de pH es fundamental, por legislación, para que un producto sea reconocido como cerveza según la norma 1686 del 2012 del estado, el pH de este debe ser menor o igual a 5,5” [7]. Aun así, no es un parámetro que se requiera en el etiquetado del producto. El método usado para medir el pH, es la potenciometría. “Es un método analítico basado en la diferencia de potencial que se crea entre dos celdas electroquímicas en ausencia de corriente. Tiene como objetivo determinar la concentración de los analitos, que son especies electroactivas de la solución, a partir de la diferencia de potencial o FEM que se crea entre los electrodos” [54]. «El pH metro es el instrumento utilizado para medir la concentración de iones H⁺. Es un instrumento que posee dispositivo de medida de potencial, normalmente con sensor de temperatura, y dos electrodos, que suelen ir unidos en un mismo cuerpo. Uno de los electrodos se denomina electrodo de referencia, normalmente de plata - cloruro de plata, que no cambia de potencial independientemente de la muestra. El otro es el electrodo indicador, de membrana de vidrio habitualmente, que cambia su potencial en función de la concentración del ion H⁺. En el exterior posee una pantalla en la que se pueden visualizar los datos. El valor del pH obtenido se relaciona con la concentración de iones H⁺ según la ecuación de Sørensen» [52] como se evidencia en la ecuación 19.

$$pH = -\text{Log}[H^+]$$

Ecu. 19

Aun así, “el fundamento teórico en el que se apoya el funcionamiento del pHmetro tiene su origen en el análisis termodinámico de la definición del potencial de una celda mediante la ecuación de Nernst (20)” [54].

$$E = E^{\circ} - \left(\frac{RT}{nF}\right) * \ln(Q) \quad \text{Ecu. 20}$$

Dónde:

- E° : Constante. Potencial celda cuando reactivos y productos tienen actividad=1.
- Q: Cociente de actividades productos/reactivos. m: Constante procedente de la curva patrón. Pendiente
- R: Constante de los gases ideales. En unidades J/mol·K.
- T: Temperatura.
- n: Número de moles de electrones que participan en la reacción.
- F: Constante de Faraday. F=96500 (Coulomb/mol) (J/V·mol).

4.2.1 a Procedimiento. «Se requiere previa preparación de la muestra. Se realiza de la misma forma que en el procedimiento de la Destilación y densimetría. El pH-metro, debe estar previamente calibrado, lo cual suele realizarse de forma diaria o previo a su uso. Se calibra usando soluciones tampón, que pueden prepararse en laboratorio o soluciones tampón comerciales. Lo más habitual es usar dos puntos de calibración con disoluciones tampón de pH igual 7 y pH igual a 4 o 9, en este caso se usa tampón de pH igual a 4, dado que el pH del producto se encuentra en zona ácida» [21]. Se introducen también los datos de temperatura y potencial de asimetría requeridos por el pH-metro. Tras esto se enjuaga con agua destilada y se mantiene hidratado hasta su uso. Se vierte la cantidad suficiente de muestra en un vaso de precipitados de 100 ml, sin llegar a completarlo. Se introduce pH-metro y se realiza lectura, el resultado suele expresarse con una cifra decimal. “Tras realizar la medida es frecuente volver a calibrar el pH-metro para comprobar que no se han producido desviaciones en la medida” [18]. “Debe comentarse que el uso de un agitador magnético para la muestra mientras se realizan las medidas, tanto las de pH de muestras como el calibrado con soluciones tampón, mejora la rapidez y reproducibilidad de las respuestas” [21].

4.3 Determinación de densidad y masa volúmica

«La masa volúmica se refiere al peso del mosto o cerveza en relación con su volumen, es decir, aquello que conocemos como densidad y que siguiendo el sistema internacional de unidades se mide en kg/m³. Por otra parte, la densidad entendida en el ámbito que ocupa a este texto se refiere a la densidad relativa. Es decir, la densidad entre la masa volúmica del mosto o cerveza final y la del agua en las mismas condiciones de presión y temperatura» [12].

Para su determinación es recomendable hacerlo a una temperatura de 20 °C y presión atmosférica. Aun así, lo que resulta importante de la determinación de ambos conceptos es la información que puede extraerse de ellos. Es decir, no es obligatorio dar a los consumidores información acerca de los valores de densidad o masa volúmica [7], pero si es necesario su conocimiento para la determinación de la mayoría de parámetros, como, por ejemplo, el grado alcohólico o extracto seco primitivo. «El fundamento es distinto según el material utilizado para la determinación de la densidad relativa y/o masa volúmica de la muestra, pudiendo utilizarse el método picnométrico o el aerométrico por la precisión que proporcionan en los resultados. Con precisiones en la medida de 0,0001 para el picnómetro y 0,0003 para el aerómetro. La densimetría mediante método picnométrico o método del frasco, conocido de este modo por la forma del picnómetro, consiste en la comparación de la masa de un volumen de muestra con otro de referencia en las mismas condiciones de presión y temperatura. De la comparación se obtiene la densidad relativa de la muestra respecto a la referencia y mediante cálculos se conocerá la densidad o masa volúmica desconocida» [12].

4.3.1 Procedimiento

«Se requiere acondicionamiento previo de la muestra. Tras esto, preferentemente usa el método picnométrico para determinar la densidad o masa volúmica de la muestra, debida a la mayor sensibilidad de este frente a la aerometría. En primer lugar, se pesa el picnómetro de 50 ml vacío y se anota la pesada. Se toma agua destilada y se vierte en el interior del picnómetro sin tapón, removiendo de modo que se bañen todas las paredes del instrumento, de este modo se “ambienta”. Posteriormente se descarta el contenido vaciando el picnómetro. Se rellena el picnómetro de agua destilada, si es necesario con la ayuda del capilar, se coloca sobre la balanza y se pesa, anotando el resultado de este valor menos el peso del picnómetro vacío como m_w , está

será la masa de la muestra de referencia. Se vacía el contenido del picnómetro y se repite el proceso, en este caso con la muestra a analizar. Se rellena el picnómetro con la muestra, se tapona y enrasa, para obtener un volumen exacto de muestra. Entonces, se toma el frasco y se pesa, anotando el valor de esta medida menos el peso del picnómetro vacío, como m_m . A partir de los datos de m_w y m_m y conociendo el valor de la densidad del agua en las condiciones experimentales 20 °C y 1 atm se pueden conocer los parámetros Dr_m y ρ_m de la muestra, realizando distintos cálculos para ello» [12].

La densidad relativa de la muestra respecto a la del agua es Dr_m .

$$Dr_m = \frac{\rho_m}{\rho_w} \quad \text{Ecu. 21}$$

Dónde:

- Dr_m : Densidad relativa muestra-agua.
- ρ_m : Densidad de la muestra.
- ρ_w : Densidad del agua.

Dada la capacidad del picnómetro de medir volúmenes exactos y conocida la densidad del agua en las condiciones de realización de la técnica (20 °C, 1atm), se puede conocer la densidad relativa de la muestra respecto al agua.

4.4 Determinación del extracto real

«El extracto real, o extracto soluble real, hace referencia a la cantidad de extracto que se tiene en la cerveza final, exceptuando el contenido de alcohol y agua de esta. Si se midiera la densidad de la cerveza final, esta estaría afectada por el contenido alcohólico de la cerveza, por lo que la densidad medida será menor que la que correspondería a la del extracto real, obteniendo en ese caso el extracto aparente. Las unidades en que se suele expresar el extracto real son °P» [20].

4.4.1 Procedimiento

«El procedimiento inicial es el mismo al mostrado en el apartado Destilación y densimetría. Una vez realizada la destilación y separado el alcohol de la muestra de cerveza, se enfría hasta 20 °C el residuo de la destilación y se completa con agua destilada hasta llegar a 100 g. Posteriormente

se determina la densidad de la muestra mediante método picnométrico, siguiendo el procedimiento indicado en el apartado de determinación de densidad y masa volúmica. Por último, mediante las ecuaciones 22 y 23, es posible conocer los grados Plato o grados Baumé, es decir, el porcentaje de extracto presente en la cerveza final» [52].

$$^{\circ}P = \frac{\rho_m - 1000}{4} \quad \text{Ecu. 22}$$

Dónde:

- ρ_m : Densidad en g/l de la muestra a 20 °C.
- $^{\circ}P$: Masa de extracto (g) por cada 100 g de muestra.

$$^{\circ}B = \frac{\rho_m * ^{\circ}P}{1000} \quad \text{Ecu. 23}$$

Dónde:

- ρ_m : Densidad en g/l de la muestra a 20 °C.
- $^{\circ}P$: Masa de extracto (g) por cada 100 g de muestra.
- $^{\circ}B$: Masa de extracto (g) por cada 100 ml de muestra.

4.5 Determinación del Color








“El color es una de las propiedades más características de las distintas cervezas y depende, entre otros factores, del grado de malteado del cereal, el cual se mide en MCU’s (Malt Color Units). Esta materia prima es determinante en el resultado del color en el producto final” [22].

Para la cerveza, se usan distintas unidades en la definición del color. «En un origen, se medía esta propiedad mediante grados Lovibond, dónde usando una serie de filminas coloreadas y graduadas se determinaba el color de la cerveza mediante comparación. Debido a la distinta percepción del color de las personas comenzaron a usarse métodos más exactos y escalas de medida como SRM (Standard Reference Method) o EBC (European Brewery Convention), asignando a los valores numéricos de estas unidades distintos colores» [23]. Realizando la medición del valor de color en la cerveza, se pueden clasificar las gamas de colores que presentan, desde el negro propio de cervezas tipo Stout, hasta el amarillo pálido de cervezas

Weisser, y de este modo caracterizar aún más el producto [12], en la figura 8 es posible ver la clasificación de colores.

Figura 8.

Representación de colores que puede tomar la cerveza según su valor de SRM Y EBC.

Denominación	Color	SRM	EBC
Amarilla		< 4	< 8
Rubia		4 – 6	8 – 12
Dorada		6 – 10	12 – 20
Ámbar-Rojiza		10 – 15	20 – 30
Caramelo-Cobriza		15 – 20	30 – 40
Tostada-Marrón		20 – 30	40 – 60
Negra		>30	>60

Nota. La figura representa una clasificación según el color de la cerveza en base a los valores de SRM Y EBC. Tomado de: Análisis fisicoquímicos para el control de calidad en la producción de cerveza (us.es)

4.5.1 Espectrofotometría a 430 nm

“La técnica usada para la determinación de las unidades de color es una espectrofotometría UV-VIS a 430 nm, que se define como la reducción que sufre un haz de luz monocromática de longitud de onda 430 nm al atravesar una muestra de cerveza de 1 cm” [23]. «El fundamento teórico de este método se basa en la distinta absorción molecular de radiación de la muestra. El equipo emite una radiación en forma de luz UV-VIS y mide la radiación y, a su vez, la cantidad de luz absorbida, que llega al otro lado del equipo. Mediante la ley de Lambert Beer, al igual que en el apartado de Espectroscopía de infrarrojo cercano NIR, el equipo determina el valor de la radiación absorbida por la muestra, y, en consecuencia, la absorbancia» [52].

4.5.1 a Procedimiento. «Para medir la absorción de la muestra en el espectrofotómetro es necesario que a esta se le aplique un tratamiento previo similar al del resto de análisis. Esta preparación sigue las mismas pautas que en el apartado Destilación y densimetría, realizándose en este caso en un erlenmeyer de 250 ml, dado que se necesita menor volumen para el análisis. La muestra debe quedar sin CO₂ ni espuma, y a ser posible, exenta de turbidez. Se requiere previa preparación del equipo, para ello se escoge la fuente de luz para el espectro visible y se selecciona la longitud de onda de 430 nm» [12].

«Se toman los volúmenes de muestra necesarios mediante pipeta, del volumen oportuno, y se insertan en las cubetas. Al ser de doble haz, una de las cubetas se llenará con el blanco, que será agua desionizada, de forma que únicamente la cubeta absorba radiación. La otra cubeta se llenará con la muestra. El llenado de ambas debe realizarse primero ambientando la cubeta. Durante el proceso las cubetas deben sostenerse de forma correcta por los lados opacos de las mismas» [24].

«Posteriormente, se introducen en el equipo y siguiendo las instrucciones de este se obtienen los datos de absorbancia a una longitud de onda de 430 nm, A430. Cada muestra debe analizarse 3 veces. Es necesario determinar si la turbidez de la muestra es la adecuada. Si el sistema usado es EBC la muestra se considerará turbia cuando la absorbancia a 430 nm sea tan baja que dé como resultado una unidad EBC de color, esto ocurre cuando $A_{430}=1/25$. Si fuera el caso, la muestra se filtrará tantas veces como sea necesario» [52]. “Por último, debe mencionarse que para valores de absorbancia muy altos ($SRM >30$ ó $EBC >60$), es decir, cervezas muy oscuras, la muestra se diluirá, y se tendrá en cuenta el factor de dilución para la determinación de la nueva unidad de color, SRM o EBC” [23].

“Para obtener el valor de unidades EBC a partir del valor de A430, se emplea la ecuación (24), dónde se define la unidad EBC como la absorbancia multiplicada por 25” [20]. La definición de las unidades SRM es similar, la única diferencia es el factor que multiplica la absorbancia, que para el caso de las unidades SRM es 12,7 (ecuación (25)). De esta forma resulta sencilla la conversión de unidades EBC a SRM (ecuación (26)) y viceversa [52].

$$EBC = 25 * D * A430 \quad \text{Ecu. 24}$$

$$SRM = 12.7 * D * A430 \quad \text{Ecu. 25}$$

$$EBC = SRM * 1.92 \quad \text{Ecu. 26}$$

Dónde:

- EBC: Valor numérico del color en escala EBC.
- SRM: Valor numérico del color en escala SRM.

- A430: Absorbancia a 430nm.
- D: Factor de dilución

4.6 Determinación de amargor

“El amargor es una propiedad presente en mayor o menor medida en todas las cervezas, independientemente del estilo o familia al que pertenezcan. Esto ocurre porque amargar la cerveza resulta necesario desde sus orígenes para enmascarar el sabor de los azúcares que pueden quedar disueltos tras la fermentación” [12].

4.6.1 Espectrofotometría a 275 nm

La medición del amargor se realiza mediante espectrofotometría a una longitud de onda de 275 nm. Para ello se realiza una extracción, poniendo en contacto la muestra con isooctano que extrae los iso-alfa-ácidos en presencia de un medio acidificado. Tras esto, se mide la absorbancia de la muestra tratada frente a la de isooctano puro. El valor de absorbancia, A275, determina el IBU de la muestra mediante cálculos [52].

4.6.1 a Procedimiento. «Se prepara la muestra de cerveza degasificándola en matraz erlenmeyer de 250 ml. En este caso, no es necesario filtrar la muestra y no se debe perder espuma. Para la degasificación se recomienda el uso de un agitador magnético a baja velocidad. En un tubo de muestra para centrífuga de 50 ml, se insertan 5 ml de muestra, 1 ml de ácido clorhídrico y 10 ml de iso-octano. Para esto se usan las pipetas aforadas de las capacidades correspondientes. Los tubos, correctamente cerrados, se agitan durante 15 minutos aprox. en agitador mecánico, y después, se centrifuga durante 3 minutos a 3000 rpm para romper la emulsión. La fase transparente que aparece en la superficie es la que debe verterse en la cubeta de muestra del espectrofotómetro» [12].

“El blanco utilizado en este caso será una disolución de iso-octano en medio ácido. La preparación de esta se realiza pipeteando 0,5 ml de ácido clorhídrico y 10 ml de iso-octano en un tubo de centrífuga de 50 ml, tras esto se agita y centrifuga de igual forma que la muestra y se introduce en la cubeta de blanco del espectrofotómetro” [25]. Una vez ambas cubetas se encuentran en el espectrofotómetro, se selecciona la lámpara para espectro UV y la longitud de onda de 275 nm. Por último, siguiendo las instrucciones del equipo se determina la absorbancia

de la muestra A275, se recomienda realizar dos o tres mediciones por muestra. Existen equipos especializados en el análisis de cerveza que proporcionan el valor en unidades IBU directamente, si esto no es así, se realizarán cálculos para obtener el valor de IBU a partir de la absorbancia [52].

Para relacionar la A275 con el número de IBU se toma el valor promedio de las mediciones realizadas redondeando a la unidad decimal más próxima [25]. Mediante la ecuación (27).

$$IBU(50) = 50 * A275 \quad \text{Ecu. 27}$$

Dónde:

- IBU (50): Bitterness Unit en función del lúpulo usado.
- A275: Absorbancia a 275 nm.

4.7 Determinación de dióxido de carbono

La determinación del dióxido de carbono siempre se realiza a nivel industrial, tanto durante el proceso, como en el producto final. A nivel artesanal, no es habitual la determinación de este parámetro. El método para conocer la cantidad de anhídrido carbónico no es del todo exacto.

«Actualmente existen fórmulas semi empíricas reconocidas por organismos reconocidos como la ASBC (American Society of Brewing Chemists) que permiten conocer el contenido de CO₂ soluble en la cerveza a partir de otros datos. Este contenido dependerá de la solubilidad, que, a su vez, es función de la composición de la cerveza, la presión y la temperatura.

Este método, consiste en la medición de la presión en el interior del envase. El gas que escapa del recipiente al agujerearlo se recoge en una bureta de absorción, rellena de solución que atrapa el dióxido de carbono que escapa del mismo. Mediante los datos del volumen de aire de la bureta, volumen del espacio que queda en la cabeza del recipiente y presión y temperatura de este, se calcula la cantidad de dióxido de carbono que contiene la cerveza, mediante ecuación que se fundamenta en la Ley de Henry» [52]: “A temperatura constante, la solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión del gas sobre el líquido (28)

$$S = K'_{Hi} * P_i \quad \text{Ecu. 28}$$

Dónde:

- S: Concentración del gas en el líquido en M.
- K'_{Hi} : Constante de Henry en M/atm.
- P_i : Presión parcial del gas en atm.

4.7.1 Procedimiento

«Para la determinación volumétrica se realiza en primer lugar el montaje del instrumental. Para esto se conecta la salida de gases del perforador con la bureta de absorción y con la botella de nivelación que debe ubicarse en el soporte adecuado. Tanto la bureta como la botella de nivelación estarán llenas de solución hidróxido de sodio al 15%. Se requiere previa preparación de la muestra. En este caso es sencilla, pues sólo debe atemperarse la cerveza a 25 °C en el interior del envase. Dependiendo del tipo de envase se anotan distintas medidas. Si se trata de una botella se marcará en esta el nivel del contenido. Para el caso de latas se realizará una pesada anotando el valor de esta (menos el valor de peso de la lata vacía) como m_{cerveza} » [12].

«En primer lugar, se perfora el tapón o lata y se agita la botella hasta que se registre un valor de presión máximo y constante en el manómetro. Esto se realiza con la válvula que da paso a los gases del perforador a la bureta cerrada y se anota la presión medida. Acto seguido, se deja de agitar el recipiente y se abre la válvula dejando pasar el gas a la bureta de absorción, esto se realiza hasta que el manómetro registre presión igual a cero, es decir, el recipiente quede a presión atmosférica. Por último, se cierra la válvula que da paso al gas del dispositivo de perforación a la bureta y se agita o inclina la bureta hasta que el CO₂ haya sido absorbido por la solución que contiene y el volumen de gas contenido en la bureta sea mínimo. El dato de este volumen se considera volumen de aire (V_a), entendido como compuestos que no son CO₂, dado que este ha sido absorbido en la solución de hidróxido de sodio» [18].

Para los cálculos debe conocerse la cantidad de cerveza que contiene cada envase. Se diferenciarán los casos de botellas y latas. Aun así, para ambos casos debe determinarse la densidad de la cerveza degasificada (ρ_{cerveza}) siguiendo el mismo procedimiento que en el apartado de determinación de densidad y masa volúmica.

Mediante la ecuación (29) se conoce el volumen que queda libre de líquido en el recipiente que contiene la cerveza.

$$V_c = m_{agua} - \frac{m_{cerveza}}{\rho_{cerveza}} \quad \text{Ecu. 29}$$

Dónde:

- V_c : Espacio de cabeza. Volumen que queda libre de líquido en el recipiente que contiene la cerveza
- m_{agua} : Masa de agua que ocupa el total de volumen del recipiente.
- $m_{cerveza}$: Masa de cerveza que contenía el recipiente en su origen.
- $\rho_{cerveza}$: Densidad de la cerveza degasificada contenida en el recipiente a 20/20 °C.

Por último, la ASBC [26] reconoce la fórmula (30), basada en la ley de Henry, para la obtención del contenido de CO₂ de la cerveza en unidades de g/l. Los datos necesarios para su aplicación son los obtenidos mediante cálculos anteriores y procedimiento experimental.

$$CO_2 = \left(P - \frac{V_a}{V_c} * 1,0332 \right) * 0,137 * \frac{10}{\rho_{cerveza}} \quad \text{Ecu. 30}$$

Dónde:

- p : Presión absoluta en kg/cm². Presión manométrica máxima medida más la presión atmosférica (1,0332 kg/cm²).
- V_a : Volumen de aire que queda en la cabeza de la bureta de absorción a presión atmosférica.
- V_c : Volumen del espacio de cabeza.
- 1,0332: Presión atmosférica en kg/cm².
- 0,137: Masa de CO₂ en gramos por cada kg/cm² de presión.
- $\rho_{cerveza}$: Densidad de la cerveza degasificada contenida en el recipiente a 20°C.

4.8 Determinación de turbidez

«La turbidez es causada por las partículas en suspensión presentes en el líquido. Estas partículas normalmente son células de levaduras y formaciones de proteínas y taninos (polifenoles). Pueden distinguirse distintos parámetros al hablar de turbidez en el ámbito cervecero:

Turbidez en frío (chill haze): Turbidez presente cuando la cerveza se encuentra a baja temperatura, 0 °C o inferior. Se produce por la unión de proteínas y polifenoles mediante puentes de hidrógeno. Desaparece cuando la temperatura del producto es mayor.

Turbidez permanente: Está presente tanto en la cerveza fría como atemperada. A veces procede de una turbidez en frío que persiste al aumentar la temperatura» [52].

4.8.1 Turbidimetría

“Este parámetro se mide habitualmente para control de calidad del producto, pero no es obligatoria su declaración ni indicación en el etiquetado. La ASBC reconoce el método de turbidimetría con unidades de turbidez de formancia, FNU, cuyo significado es similar al de unidad de turbidez nefelométrica” [26].

«En este caso, el análisis consiste en hacer incidir en la muestra un haz de luz perpendicular respecto la cubeta de muestra en un turbidímetro o espectrofotómetro UV-VIS. La longitud de onda a la que se emite la radiación difiere según la fuente, aunque el equipo, turbidímetro, proporciona el valor de la turbidez directamente en unidades NTU, FNU y/o sus valores equivalentes en escalas EBC y/o ASBC» [26].

4.8.1 a Procedimiento. «Se requiere tratamiento previo de la muestra de cerveza, similar al del apartado para la determinación de color: Espectrofotometría a 430 nm, aunque en este caso no se filtra dado que se pretende determinar su turbidez. Se toma un volumen de 200 ml de muestra degasificada, sin espuma a la temperatura del laboratorio, y usando una pipeta se rellenan los viales del turbidímetro. Tras esto, se agita la muestra, de forma que no queden sedimentos en ella, se introduce en el equipo y se realiza la medición de la turbidez siguiendo las instrucciones del turbidímetro. De esta forma se obtiene el valor de la turbidez permanente de la muestra. El equipo debe estar previamente calibrado y tanto las disoluciones usadas como patrón como la longitud de onda a la que realiza la medición varía según el equipo. Debe mencionarse que

distintos turbidímetros realizan el análisis de forma diferente, por ejemplo, para el módulo de medición de turbidez de Anton-Paar la longitud de onda es de 650 nm en comparación con otro turbidímetro como el HI 93124 que usa una longitud de onda de 850 nm» [12].

«Para obtener el valor de turbidez fría, se realiza una nueva medición de la turbidez de las muestras en distintas condiciones. En este caso se dejan reposar las muestras previamente, durante 1 hora aproximadamente, en un baño termostatado con hielo, hasta que la temperatura desciende hasta los -5 °C. Se limpian los recipientes de forma que no quede condensación en el exterior y se introducen las muestras en el turbidímetro. Con esta segunda lectura el turbidímetro proporciona el valor de la turbidez total, al estar presente tanto aquellas partículas que estarán en la cerveza atemperada como las procedentes de las agrupaciones que provocan una turbidez únicamente presente a baja temperatura» [52].

Se puede calcular a partir de los datos extraídos del procedimiento, mediante la ecuación (31), la turbidez total presente en la cerveza. [27]

$$Turbidez\ total = Turbidez\ fría + Turbidez\ permanente \quad Ecu. 31$$

Los valores de los parámetros fisicoquímicos establecidos en este capítulo pueden ser referenciados con respecto a la tabla 15 sobre cervezas tipo ale.

Tabla 15.*Parámetros fisicoquímicos finales para cervezas artesanales tipo ale*

Parámetro	Tipo de cerveza		
	Pale Ale Americana	Ale Ámbar americana	Ale parda americana
Grado de alcohol (% v/v)	4,5-6,0	4,5-6,0	4,3-6,2
pH	4,1-4,6	4,1-4,6	4,1-4,6
Densidad (kg/m ³)	1040-1050	1040-1050	1038-1051
% Extracto real (g/100g)	10,1-12,3	10,1-12,3	10,3-12,6
Color (SRM)	5-14	10-17	18-35
Amargor (IBU)	30-45	25-40	20-40
Dióxido de carbono (vol. CO ₂)	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,0
Turbidez (NTU)	58-60	58-60	58-60

Nota. Esta tabla muestra los parámetros fisicoquímicos finales de cervezas tipo ale, los valores mostrados se obtienen mediante las referencias [Gonzales, M. (2017). *Principios de elaboración de las cervezas artesanales*. Morrisville: Lulu Enterprises.][Campbell, L. (2007). The continuous brewing of beer. New Zealand Institute of Chemistry (NZIC). [En línea] Artículo: The continuous brewing of beer - Biblioteca virtual VirtualPro.co][HACH. (2020). Medición de turbidez total, turbidez permanente y turbidez fría de la cerveza. Disponible en: <https://es.hach.com/assetget.download.jsa?id=51854315377#:~:text=La%20turbidez%20de%20la%20cerveza,aspecto%20turbio%20a%20la%20cerveza.>][Panreac Cereales. (2000). Métodos oficiales de análisis. Cereales, derivados de cereales y cerveza. En línea: Panreac cereales (usc.es)].

Para concluir este capítulo mediante las técnicas y métodos de análisis fisicoquímicos evidenciados, es posible realizar de manera detallada cada una de las mediciones de los parámetros finales de la cerveza teniendo en cuenta que varios de estos deben ser registrados en la etiqueta según la norma [7], además de que permiten identificar si la cerveza es adecuada para el consumo humano sin riesgo alguno.

5. ANÁLISIS FINANCIERO.

5.1 Descripción de maquinaria y equipos

5.1.1 Macerador

Fabricado en acero inoxidable 304 con capacidad bruta de 600 l Medidas de 95cm de diámetro por 85cm de altura más 50cm de base. “Con motorreductor de 2HP con velocidad de giro fija. Chaqueta de aislamiento cerámico de 2" y cubierto en acero inoxidable. Cuenta con válvula de salida de 3/4 NPT. Base de acero inoxidable. Termómetro de 0-150°C y quemador industrial de alta eficiencia con ventilación forzada” [28] como se observa en la figura 9.

Figura 9.

Macerador



Nota: Representación del macerador tomado de: Tanque de Agitación de 600 Litros | Inoximexico

5.1.2 Tanque

“Fabricado en acero inoxidable 304 con capacidad bruta de 600 litros con calentador a gas natural de 600.000BTU de potencia, posee un aislamiento térmico en fibra de vidrio de 6mm de espesor” [29] como se observa en la figura 10.

Figura 10.

Tanque



Nota: Representación del tanque tomado de: Estudio técnico, económico y de mercado para crear la Cervecería Artesanal Sultana en la ciudad de Cali-Colombia (eafit.edu.co)

5.1.3 Hervidor

“Fabricado en acero inoxidable 304 con capacidad bruta de 660 litros con calentador a gas natural de 1.000.000BTU de potencia. Posee un aislamiento térmico en fibra de vidrio de 6mm de espesor” [29] como se observa en la figura 11.

Figura 11.

Hervidor



Nota: Representación del hervidor tomado de: Estudio técnico, económico y de mercado para crear la Cervecería Artesanal Sultana en la ciudad de Cali-Colombia (eafit.edu.co)

5.1.4 Fermentador

Fabricado en acero inoxidable 304 con capacidad bruta de 660 litros, tipo vertical fondo cónico de 60 grados con capa de aislamiento de poliuretano, 80mm, válvula de alivio, válvula de presión con disponibilidad de refrigerante de entrada y de salida, con sensores de temperatura y presión [30] como se observa en la figura 12.

Figura 12.

Fermentador



Nota: Representación del fermentador tomado de: Venta Caliente Nuevo Diseño De 600 Litros De Cerveza De Acero Inoxidable Fermentador - Buy 600 Litre Stainless Steel Beer Fermenter,New Design 600 Litre Stainless Steel Beer Fermenter,Hot Selling 600 Litre Stainless Steel Beer Fermenter Product on Alibaba.com

5.1.5 Gasificador

“Fabricado en acero inoxidable 304 con capacidad bruta de 350 litros, con aislador térmico en fibra de vidrio de 3mm de espesor. Posee válvula de liberación de CO₂, compuerta superior para limpieza y mantenimiento” [29] como se observa en la figura 13.

Figura 13.

Gasificador



Nota: Representación del gasificador tomado de: Estudio técnico, económico y de mercado para crear la Cervecería Artesanal Sultana en la ciudad de Cali-Colombia (eafit.edu.co)

5.1.6 Filtro

Filtro de placa 400 × 400 con placas de polietileno. con 12 piezas de marcos de plástico de placas de filtración para un caudal de cerveza recomendado 200 litros por hora, con dimensiones 1050 mm de largo, 700mm de ancho y 920 mm de alto [31] como se observa en la figura 14.

Figura 14.

Filtro



Nota: Representación del filtro tomado de: PLF-IPE4040
Filtro de placa 400 × 400 con placas de polietileno
(czechminibreweries.com)

5.1.7 Pelador de papa

Peladora De Papa Industrial con capacidad de 35 libras por hora en acero inoxidable con 1 Hp, con disco abrasivo de 40 cm de diámetro transmitido por correa [41] como se observa en la figura 15.

Figura 15.

Pelador de papa



Nota: Representación del pelador de papa tomado de:
Peladora De Papa Industrial 35lb | MercadoLibre

5.1.8 Rallador de papa

Rallador automático en acero inoxidable 304 especial para papa con longitud de 1180 mm, ancho de 550 mm y altura de 1120 mm [42] como se observa en la figura 16.

Figura 16.

Rallador de papa



Nota: Representación del pelador de papa tomado de: Hqc-611-rallador De Patatas Automático,Acero Inoxidable,304 - Buy Potato Grater Machine Product on Alibaba.com

5.2 Costos

En primer lugar, se calculó el costo de la inversión en equipos, compuesta por 1 mueble, 2 computadores que son necesarios para la parte de oficina y monitoreos del proceso con un costo estándar de valor comercial [43], 2 maceradores de 600 litros con proveedor de Inoximexico [28], 2 tanques de agua, 2 hervidores de 600 litros con el proveedor TECNOX [29], 2 fermentadores de 600 litros con el proveedor Runfang [30], 4 gasificadores de 300 litros con el proveedor Cervecería Brehem [29] y un filtro con capacidad de 200l/h del proveedor CZECH [31], como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16.

Costos de inversión de equipos

Equipos y muebles			
Concepto	Precio unitario	cantidad	Precio total
Mueble de oficina	\$ 1.700.000	1	\$ 1.700.000
Computador	\$ 1.500.000	2	\$ 3.000.000
Macerador	\$ 33.653.886	2	\$ 67.307.772
Tanque	\$ 10.000.000	2	\$ 20.000.000
Hervidor	\$ 9.000.000	2	\$ 18.000.000
Fermentador	\$ 5.223.501	2	\$ 10.447.002
Gasificador	\$ 9.000.000	4	\$ 36.000.000
Filtro	\$ 18.274.290	1	\$ 18.274.290
Pelador de papa	\$ 2.750.000	1	\$ 2.750.000
Rallador de papa	\$ 4.640.000	1	\$ 4.640.000
Total			\$ 182.119.064

Nota. Esta tabla muestra los valores de cada uno de los equipos necesarios para llevar a cabo la producción de cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa.

Como paso siguiente se determina el costo de materias primas para la fabricación de 30 litros de cerveza artesanal con almidón de papa como se observa en la tabla 17.

Tabla 17.

Costos de materias primas para 30 litros.

Materia prima para 30 L de cerveza			
Concepto	Precio por kg (\$)	cantidad (kg)	Precio total (\$)
Malta base (Best pale ale)	\$ 5.800	3,69	\$ 21.402
Maltas Adicionales	\$ 6.500	0,178	\$ 1.158
Papa	\$ 3.200	8	\$ 25.600
Lúpulo (Cascade pellet)	\$ 138.000	0,020	\$ 2.760
Levadura	\$ 514.000	0,011	\$ 5.654
Clarificante	\$ 87.000	0,004	\$ 348
Azúcar	\$ 3.200	0,006	\$ 19,2
Agua	\$ 416	57	\$ 23.712
Total			\$ 80.654

Nota. Esta tabla muestra los costos de producción en cuanto materia prima para la elaboración de 30 litros producción de cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa.

El costo de materias primas para la producción de 30 litros de esta cerveza es de \$ 80.654 (pesos colombianos), el envase dispuesto para la venta es de 330 ml por cerveza, es decir que el costo unitario de materia prima por cerveza es de **\$ 1.330** (mil trecientos treinta pesos colombianos) aproximadamente.

Tabla 18.

Datos para competitividad en el mercado de producción de cerveza artesanal

Tamaño de envase (l)	0,33
Batch anual	72
Vol prom de equipo (l)	555,56
Producción anual de cerveza artesanal (l)	30.300.000
Unidades anuales	121.212
Producción anual propia (l)	40000
% del mercado	0,0013
Costo de materia prima para 40.000 litros (\$)	\$ 161.307.000

Nota. Esta tabla muestra los datos de competitividad en el mercado para 40.000 litros de producción, los costos de materia prima para la producción de 40.000 fueron estimados a partir de la extrapolación de los 30 litros de prueba mostrados en la tabla 16.

Puesto que se trata de una propuesta que busca competir en la industria, se asume que esta contribuirá al 0.0013% de la producción de cerveza artesanal en Colombia, que para el 2018 fue de 30,3 millones de litros anuales [6]. Es decir, se estima un presupuesto para la producción de 40.000 litros de cerveza anualmente, para los cuales sus costos de materia prima son \$ 161,307,000 pesos colombianos cómo es posible observar en la tabla 18.

Para los equipos se consideran los gastos de depreciación, estos son calculados considerando una vida útil promedio de 15 años [44] y utilizando el método de depreciación lineal como se observa en la tabla 19.

Tabla 19.*Depreciación lineal*

Depreciación lineal	
Costo base	\$ 174.729.064
Vida útil (años)	15
Depreciación/año	\$ 11.648.604

Nota. activos fijos y depreciación lineal.

Se tienen en cuenta los costos de envase considerando la botella de 330 ml con tapa en \$ 800 y la etiqueta personalizada en \$ 800 [29] los costos de transporte se estiman en un valor de \$ 300.000 mensuales [45] y de publicidad se mantendrá un presupuesto anual de 9.800.000 considerando volantes, redes sociales, capacitaciones entre otros [45] y además de esto el consumo energético por año como se muestra en la tabla 20.

Tabla 20.*Costos de producción y operación*

Costos de producción y operación					
Año	1	2	3	4	5
	\$	\$	\$	\$	\$
Materia prima	161.307.000	169.372.350	177.840.968	186.733.016	196.069.667
	\$	\$	\$	\$	\$
Consumo energético	11.308.074	11.873.477	12.467.151	13.090.509	13.745.034
	\$	\$	\$	\$	\$
Publicidad	\$ 9.800.000	10.290.000	10.804.500	11.344.725	11.911.961
Transporte	\$ 3.600.000	\$ 3.780.000	\$ 3.969.000	\$ 4.167.450	\$ 4.375.823
	\$	\$	\$	\$	\$
Envase	193.939.394	203.636.364	213.818.182	224.509.091	235.734.545
	\$	\$	\$	\$	\$
Total, costos de producción	379.954.468	398.952.191	418.899.801	439.844.791	461.837.030

Nota. Se calcularon los costos de producción y operación, para los siguientes 5 años

Teniendo en cuenta los gastos de producción, operación, administrativos y de materias primas el costo de producción unitario por cerveza de 330 ml es de \$ 6.100. Se estimó el precio de venta por botella de 330 ml de cerveza buscando un margen de ganancia del 20%, asignando al primer año un valor de \$ 7.300 pesos colombianos y un total de 121.212 cervezas anuales;

posteriormente, se asignó un incremento porcentual a los siguientes años del 5% teniendo en cuenta la variación histórica de los precios [29], como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21.

Precio de venta, ventas anuales e ingresos.

Ingresos					
Año	1	2	3	4	5
Precio de venta	\$ 7.300	\$ 7.665	\$ 8.048	\$ 8.451	\$ 8.873
Ventas anuales	\$ 884.848.485	\$ 929.090.909	\$ 975.545.455	\$ 1.024.322.727	\$ 1.075.538.864
Total de ingresos	\$ 884.855.785	\$ 929.098.574	\$ 975.553.503	\$ 1.024.331.178	\$ 1.075.547.737

Nota. Se calcularon los ingresos de cada año, según el precio de venta y las ventas anuales.

Después, se establece que los gastos administrativos están compuestos por el pago de nómina y arriendo, teniendo 3 cargos operativos como se muestra a continuación en la tabla 22.

Tabla 22.

Costos estimados de nómina

Gastos administrativos					
Año	1	2	3	4	5
	\$	\$	\$	\$	\$
Arriendo	240.000.000	244.800.000	257.040.000	269.892.000	283.386.600
Nómina	\$ 72.000.000	\$ 75.600.000	\$ 79.380.000	\$ 83.349.000	\$ 87.516.450
	\$	\$	\$	\$	\$
Total, gastos administrativos	312.000.000	320.400.000	336.420.000	353.241.000	370.903.050

Nota. se calcularon los costos de nómina y arriendo que se tienen proyectados.

Se utilizó un impuesto a la renta del 31% establecido en Colombia para 2021 [46] para las características de la empresa y se calculó el flujo de efectivo para cada año como se aprecia en la tabla 23.

Tabla 23.*Flujo de efectivo proyectado para 5 años.*

Concepto	0	1	2	3	4	5
(+) Ingresos		\$ 884.855.785	\$ 929.098.574	\$ 975.553.503	\$ 1.024.331.178	\$ 1.075.547.737
(-) Costos Producción		\$ 379.954.468	\$ 398.952.191	\$ 418.899.801	\$ 439.844.791	\$ 461.837.030
(-) Gastos de administración		\$ 312.000.000	\$ 320.400.000	\$ 336.420.000	\$ 353.241.000	\$ 370.903.050
(-) Gastos Ventas						
(-) Gastos Financieros						
(-) Depreciación de A. fijos y amort. A. diferidos		\$ 11.648.604	\$ 11.648.604	\$ 11.648.604	\$ 11.648.604	\$ 11.648.604
Utilidad Antes de Impuestos		\$ 181.252.713	\$ 198.097.779	\$ 208.585.098	\$ 219.596.783	\$ 231.159.052
Impuestos (31%)		\$ 56.188.341	\$ 61.410.311	\$ 64.661.380	\$ 68.075.003	\$ 71.659.306
Utilidad después de impuesto		\$ 125.064.372	\$ 136.687.467	\$ 143.923.718	\$ 151.521.780	\$ 159.499.746
(+) Depreciación de A. fijos y amort. A. diferidos		\$ 11.648.604	\$ 11.648.604	\$ 11.648.604	\$ 11.648.604	\$ 11.648.604
(-) Amortización de Préstamo						
Inversiones						
Activos Fijos	\$ 202.119.064					
Activos Diferidos						
Capital Trabajo						
(+) Creditos recibidos						
Valor de Salvamento						
Flujo neto de efectivo	-\$ 202.119.064	\$ 136.712.976	\$ 148.336.072	\$ 155.572.322	\$ 163.170.385	\$ 171.148.350

Nota. se realizó un flujo de efectivo que permita ver el comportamiento dentro de 5 años.

Por último, se utilizaron dos indicadores, VPN ecuación (29) y TIR ecuación (30).

$$\begin{aligned}
 VPN = & -202.119.064 + \frac{136.712.976}{(1 + 0.4)^1} + \frac{148.336.072}{(1 + 0.4)^2} + \frac{155.572.322}{(1 + 0.4)^3} \\
 & + \frac{163.170.385}{(1 + 0.4)^4} + \frac{171.148.350}{(1 + 0.4)^5} +
 \end{aligned}$$

Ecu. 29

$$\begin{aligned}
 VPN = 0 = & -202.119.064 + \frac{136.712.976}{(1 + TIR)^1} + \frac{148.336.072}{(1 + TIR)^2} + \frac{155.572.322}{(1 + TIR)^3} \\
 & + \frac{163.170.385}{(1 + TIR)^4} + \frac{171.148.350}{(1 + TIR)^5}
 \end{aligned}$$

Ecu. 30

Tabla 24.

Indicador financiero

Indicador financiero	Valor
TIR	67%
VPN	\$ 102.207.145

Nota. El indicador financiero que se utilizó para esta proyección es el valor presente neto.

De lo anterior se concluyó que, el proyecto es viable porque el VPN es mayor a cero (\$ 102.207.145) y la TIR (67%) es mayor a la Tasa de Interés de Oportunidad (TIO) fijada para el proyecto (40%), tal como se muestra en la tabla 24.

6. CONCLUSIONES

Se determino un proceso de producción de cerveza artesanal tipo ale con almidón de papa sabanera o tipo R-12, teniendo en cuenta los aspectos fundamentales de la materia prima como lo son sus propiedades fisicoquímicas las cuales están estipulados por el decreto 1686 del 2012 [7], en busca de cumplir parámetros como la demanda del producto final y su posible consumo humano.

Para la emblemática receta de la cerveza American Pale Ale típica de la región norteamericana, se revisó el diseño de producción y en base a este y a las características propias de la misma, se diseñó una receta de preparación realizando la adición de almidón de papa al proceso, con el cual se mantiene el estilo APA original, además teniendo en cuenta la situación económica del país, y el hecho que Colombia es un país productor, se da un plus en el ámbito tanto cervecero artesanal como al agro colombiano, la propuesta se sale de los ingredientes tradicionales y se lanza en un camino que podría ser de gran apoyo a los campesinos de la región.

El resultado final esperado es una cerveza tipo American Pale Ale con un grado de alcohol de 5,6% el cual es ligeramente mayor al que generalmente se espera en una cerveza de este tipo, esto es debido a la concentración de almidón de papa presente en el mosto, pues este es en su totalidad azúcares fermentables que colaboran en el proceso de fermentación alcohólica.

Se establecen las técnicas y métodos utilizados en la caracterización de las propiedades finales que tendrá la cerveza artesanal producida, se analiza la rigurosidad de los mismos y la eficiencia que resultan dentro del proceso.

Según el flujo de efectivo para los primeros cinco años del análisis financiero y teniendo en cuenta un escenario optimista en ventas se espera recuperar la inversión inicial en equipos en el segundo año generando ganancias de \$ 82,929,984 pesos colombianos, de esta manera se observa un segundo año con resultado positivo.

Se determinó que la propuesta de producción de cerveza artesanal con almidón de papa será rentable, según el estudio financiero realizado mediante flujos de efectivo y análisis de indicadores financieros, en donde se involucraron todas las tarifas e impuestos fijados para un lugar de ubicación en Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gonzales, M. (2017). *Principios de elaboración de las cervezas artesanales*. Morrisville: Lulu Enterprises.
- [2] Buitrago, R. y Peñuela, L. (2018). *La papa: un alimento de oportunidades con opciones de comercialización internacional*. *Equidad y desarrollo*, 32, Bogotá: Revistas científicas Unisalle.
- [3] Bertune, S. D'ortona, K. Recoaro, A. Sartori, M. (2021). Caracterización fisicoquímica de maltas disponibles en el mercado para cerveceros artesanales, Argentina: CIDTA - Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de los Alimentos (E. Zeballos 1341, Rosario), Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional.
- [4] Romero, C. Benitez, E. L. (2012). ¿A qué se debe la formación y estabilidad de la espuma en la cerveza? Estudio en cervezas regionales del nordeste argentino. II jornadas de investigación en ingeniería del NEA y países limítrofes. Resistencia. U.T.N.
- [5] Publimetro Colombia. (2020). "El negocio de la cerveza en Colombia crece como espuma", Publimetro, pp. 1. [En línea] <https://www.publimetro.co/co/economia/2020/02/27/negocio-la-cerveza-colombia-crece-espuma.html>. [Acceso Mar. 6, 2021].
- [6] Cortés, H. Mora, M. Segura, J. Zabaleta, L. (2020). Estudio descriptivo de los factores determinantes para la permanencia de las micro cervecerías en el mercado de cerveza artesanal en Bogotá, tesis sp., Facultad de ciencias económicas, Universidad EAN, Bogotá, Colombia.
- [7] Ministerio de salud y protección social. Decreto 1686 del 2012, [En línea] <https://www.invima.gov.co/documents/20143/430828/Decreto+1686+de+2012.pdf/42a26f06-69d9-ebd1-d9c9-2a01b162f572>
- [8] Liu, Q. Tarn, R. Lynch, D. (2007). Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. *Food Chemistry* 105(3):897-907.
- [9] Li, X. Scanlon, M. G. Liu, Q. y Coleman, W. K. (2006). Processing and value addition. *Potato production improvement and post-harvest management*. Haworth Press. Nueva York. p. 523 – 555.

- [10] Pardo, O. Castañeda, J. Ortiz, C. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. Acta Agronómica, vol. 62, núm. 4, Universidad Nacional de Colombia. [En línea] Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169930016002>
- [11] Sun, T. Lærke, H. Jørgensen, H. y Bach Knudsen, K. E. (2006). The effect of extrusion cooking of different starch sources on the in vitro and in vivo digestibility in growing pigs Anim. Feed Sci. and Technol. 131:66 – 85.
- [12] Picón, M. (2020). Análisis fisicoquímicos para el control de calidad en la producción de cerveza. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla. [En línea] Disponible: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/92817/fichero/TFG-2817+PIC%C3%93N-S%C3%81NCHEZ%2C+MAR%C3%8DA.pdf>
- [13] Pardo, C. Hernando, O. Castañeda, J. Ortiz, C. A. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa Acta Agronómica, vol. 62, núm. 4, pp. 289-295 Universidad Nacional de Colombia Palmira, Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169930016002.pdf>.
- [14] MALTAS CERVECEROS. (2021). El malteado. En línea: Maltas cerveceros.
- [15] Araujo, N. Pilco, W. (2014) Influencia del porcentaje de almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) y azúcar en la producción de cerveza artesanal de cebada (Hordeum vulgare). Universidad Nacional “Toribio Rodríguez de Mendoza” de Amazonas. Chacahpoyas, Perú. En línea: http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/558/FIA_162.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [16] BIERCAB. (2016). Como se elabora la cerveza artesanal. En línea: Biercab.
- [17] Ayala, C. (2007). Determinación de grado alcohólico en bebidas alcohólicas por espectrometría FTIR, utilizando un sistema de flujo que incorpora una etapa de extracción líquido-líquido. En línea. s.l.: Universidad de los Andes.

- [18] Panreac Química S.A. (2000). *Métodos oficiales de análisis. Cereales, derivados de cereales y cerveza.* En línea: <http://www.usc.es/caa/MetAnálisisStgo1/cereales%20y%20derivados.pdf>
- [19] Gutiérrez, A. (2010). Tesis doctoral. La espectroscopia NIR en la determinación de propiedades físicas y composición química de intermedios de producción y productos acabados. Bellaterra, Cataluña, España: Universitat Autònoma de Barcelona. En línea: Microsoft Word - 01. Portada interior+certificado.doc (tesisenred.net)
- [20] Kunze, W. (2006). Tecnología para cerveceros y malteros. Claudio R. Bauer. Primera. Berlín: Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin.
- [21] CRISON. (2020). Crisoninstruments. En línea: Crison Instruments
- [22] Boto, J. A. y Boto, M. (2017). La cerveza. Ciencia, tecnología, ingeniería, producción, valoración. León: Universidad de León.
- [23] Gigliarelli, P. (2008). El Color de la Cerveza Revista Mash. En línea: REVISTA MASH-Ciencia Cervecera.
- [24] Cinta, E. Torres, E. y Martínez, K. (2016). Conocimiento y operación de un espectrofotómetro UV-VIS de absorción molecular.
- [25] MEBAK Brautechnische Analysemethoden. (2002). Manual Métodos de análisis para la industria cervecera. Vol. II, pág. 114.
- [26] ASBC. (2020). High-Performance Liquid Chromatography Analysis of Tetrahydro-isalpha-acids in Beer.
- [27] Hach. (2016) Determinación de turbidez de la cerveza. Medición de turbidez total, turbidez permanente y turbidez fría de la cerveza.
- [28] INOXIMEXICO. (2021). Tanque de agitación de 600 litros En línea: Tanque de Agitación de 600 Litros | Inoximexico
- [29] Muñoz, E. (2018). Estudio técnico, económico y de mercado para crear la cervecería artesanal sultana en la ciudad de Cali-Colombia. Universidad EAFIT.

- [30] RUFANG. (2021). Hot Sale New Design 600 Liter Stainless Steel Beer Fermenter. En línea: Venta Caliente Nuevo Diseño De 600 Litros De Cerveza De Acero Inoxidable Fermentador - Buy 600 Litre Stainless Steel Beer Fermenter,New Design 600 Litre Stainless Steel Beer Fermenter,Hot Selling 600 Litre Stainless Steel Beer Fermenter Product on Alibaba.com
- [31] CZECH Brewery system. (2021). Filtro de placa. En línea: PLF-IPE4040 Filtro de placa 400 × 400 con placas de polietileno (czechminibreweries.com)
- [32] EL TIEMPO. (2020). “Cinco pautas para entender la crisis de los productos de papa” pp. 1 noviembre [En línea] <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/cinco-pautas-para-entender-la-crisis-de-los-productores-de-papa-547>. [Acceso Mar. 2021].
- [33] Gobierno de Colombia, Presidencia de Colombia. (2020). Colombia cuenta con más de 510.000 hectáreas aptas para la siembra de papa para uso industrial. Junio. [En línea] <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2020/Colombia-cuenta-con-mas-de-510000-hectareas-aptas-para-la-siembra-de-papa-para-uso-industrial-200603.aspx> [Acceso Sep. 2021]
- [34] Aristizábal, J. Sánchez, T. (2007). *Guía Técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>
- [35] Anabel, M. (2011) Fermentación de Malta empleando un sistema semicontinuo en el proceso de elaboración de cerveza. Universidad tecnológica de la Mixteca. Mexico.
- [36] Hough, J. (2001). *Biología de la cerveza y la malta*. Ciencia y tecnología de los alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. [En línea] <http://www.bionica.info/biblioteca/HoughxxxBiologiaCerveza.pdf> [Acceso Jul. 2021].
- [37] Campbell, L. (2007). The continuous brewing of beer. New Zealand Institute of Chemistry (NZIC). [En línea] Artículo: The continuous brewing of beer - Biblioteca virtual VirtualPro.co
- [38] HACH. (2020). Medición de turbidez total, turbidez permanente y turbidez fría de la cerveza. Disponible en:

<https://es.hach.com/assetget.download.jsa?id=51854315377#:~:text=La%20turbidez%20de%20la%20cerveza,aspecto%20turbio%20a%20la%20cerveza>.

- [39] Panreac Cereales. (2000). Métodos oficiales de análisis. Cereales, derivados de cereales y cerveza. En línea: Panreac cereales (usc.es)
- [40] HANNA instruments. (2008). Importancia General del pH. [Consulta en noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.hannacolombia.com/blog/post/209/ph-cerveza-y-usted-la-importancia-del-ph-en-la-elaboracioncerveza#:~:text=Altos%20valores%20de%20pH%20pueden,%C3%A1cido%2C%20resultando%20en%20cer>
- [41] Sajar. (2021). Peladora de papa industrial. Disponible en: Peladora De Papa Industrial 35lb | MercadoLibre
- [42] HUAFOOD. (2021). HQC-611rallador de patatas automático. Disponible en: Hqc-611-rallador De Patatas Automático,Acero Inoxidable,304 - Buy Potato Grater Machine Product on Alibaba.com
- [43] Muebles y Accesorios. (2021). Escritorio Verona Calgary. Disponible en: Escritorio Verona Calgary, Muebles & Accesorios (mueblesyaccesorios.com.co)
- [44] Santos, L. Vasquez, K. Leong, V. (2018). Proyecto empresarial cerveza artesanal. Trabajo de investigación para optar al grado de bachiller de contabilidad. Universidad peruana de ciencias aplicadas. [En línea] Proyecto empresarial cerveza artesanal (upc.edu.pe)
- [45] Diaz, J. (2015). Plan de negocios para la creación de la micro cervecería madero s.a.s. Universidad de la Salle facultad de ciencias económicas y sociales programa de finanzas y comercio internacional Bogotá. pp 35 – 40 [En línea] Plan de negocios para la creación de la micro-cervecería Madero S.A.S (lasalle.edu.co)
- [46] Diosa, D. OCH. (2021). Reforma Tributaria 2021: Impuesto de renta en personas jurídicas sería del 35% [acceso octubre 2021]. [En línea] <https://www.ochgroup.co/reforma-tributaria-2021-impuesto-de-renta-en-personas-juridicas-seria-del-35/>
- [47] Meshehdani, T., Pokorny, J., Daviek, J. (1990). Interactions of oxidized lipids with proteins.Effect of the protein on the descompositionof products of the lipoxigenase-

catalized oxidation in oilseeds.Part 17. En: Molecular Nutrition and food research.Weinheim. Wiley-VCH.




- [48] Romero, C., Benitez, E. L. (2012). ¿A qué se debe la formación y estabilidad de la espuma en la cerveza? Estudio en cervezas regionales del nordeste argentino. II jornadas de investigación en ingeniería del NEA y países limítrofes. Resistencia. U.T.N.
- [49] Hoover, R. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydr. Polym.* 45:253 - 267.
- [50] Valverde, A. (2020). Manual de análisis para el control de calidad de la cerveza en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla. [En línea] Disponible: Manual de análisis para el control de calidad de la cerveza en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental (us.es)
- [51] Veiga, S. (2016). Cátedra de Fisicoquímica, D.E.T.E.M.A, Facultad de Química, Udelar, Montevideo, Uruguay Polo Educativo Tecnológico UTU- Sede Latu, Montevideo, Uruguay. Química viva. Vol 15. [En línea] <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v15n3/E0041.html>
- [52] Ayala, C. (2005). Determinación de grado alcohólico en bebidas alcohólicas por espectrometría FTIR, utilizando un sistema de flujo que incorpora una etapa de extracción líquido-líquido en línea. Tesis doctoral [En línea] <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/31783.pdf>
- [53] Vega, J. Muñoz, A. (2014) Análisis instrumental de productos Agroind. [En línea]. Nuevo Chimbote, Perú: s.n.
- [54] Escuela Técnica Superior de Ingenieros. (2015) Análisis Químico. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- [55] Leveratto, C. (2015) El cultivo de papa. [En línea]. San Martín, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://inta.gob.ar/noticias/el-cultivo-de-la-papa>
- [56] Gómez, L. (2015) Informe: Así es el mundo de la papa colombiana [En línea] Bogotá, Colombia. CONtexto Ganadero. <https://www.contextoganadero.com/agricultura/informe-asi-es-el-mundo-de-la-papa-colombiana>

- [57] Guadrón, E. (2013) diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir de guineo majoncho verde (musa sp. variedad cuadrado), para su uso en la industria de alimentos. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería química e ingeniería de alimentos.
- [58] Cobana, M. Antezana, R. (2007) Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres.
- [59] Cordero, D. (2014) Cervesa feta art(esana) Esclata a Catalunya la fabricació i l'interès per una beguda que ja genera una cultura propia. Barcelona, España. Periódico El País. [En línea]. https://elpais.com/ccaa/2014/04/09/quadern/1397070884_742384.html
- [60] Murray, D.W. and O'Neill, M.A. (2012) "Craft beer: penetrating a niche market", British Food Journal, Vol. 114 No. 7, pp. 899-909. <https://doi.org/10.1108/00070701211241518>
- [61] Oliveira, M. Falconi, D. (2018) The Evolution of Craft Beer Industry in Brazil. Rio de Janeiro, Brazil. Journal of Economics and Business, Vol.1, No.4, 618-626. DOI: 10.31014/aior.1992.01.04.55. [En línea] https://www.researchgate.net/profile/Murillo-Dias/publication/329707883_The_Evolution_of_Craft_Beer_Industry_in_Brazil/links/5c1785c6299bf139c75e8b6f/The-Evolution-of-Craft-Beer-Industry-in-Brazil.pdf
- [62] Garavaglia, C. Swinnen, J. (2017) The Craft Beer Revolution: An International Perspective. *Choices*, 32(3), 1–8. <http://www.jstor.org/stable/90015005>
- [63] Garavaglia, C. Swinnen, J. (2018) Economic perspectives on craft beer, a revolution in the global beer industry. Cham, Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-58235-1>
- [64] Steiner, E. Auer, A. Becker, T. Gastl, M. (2011) Comparison of beer quality attributes between beers brewed with 100% barley malt and 100% barley raw material. Rhode Island, EEUU. Journal of the Science of food and agriculture. [En línea] <https://doi.org/10.1002/jsfa.4651>

ANEXOS

ANEXO 1.

LISTAS DE PRECIOS, MALTAS, LEVADURAS, LÚPULOS, ADITIVOS Y CLARIFICANTE

 <p>PATAGONIA MALT Sabor del Sur del Mundo</p>	 <p>Fuglsang</p>	 <p>BESTMALZ FOR THE BEST BEER</p>		
<p>Bogota. 21 de Octubre de 2020</p> <p>LISTA DE PRECIOS CON IVA</p>				
MALTAS CHILENAS MALTEXCO				
PRODUCTO	PRESENTACION	1 - 24 KG	25 - 499 KG	+ 500 KG
Malta Pilsen - Patagonia Pilsen	Kilos	\$ 5.200	\$ 4.800	\$ 4.600
Malta Pale Ale - Patagonia Pale Ale	Kilos	\$ 5.500	\$ 5.000	\$ 4.800
Malta Caramel 55L - 150 EBC - Patagonia Caramel 55L	Kilos	\$ 6.500	\$ 6.000	
MALTAS DANESAS FUGLSANG				
PRODUCTO	PRESENTACION	1 - 24 KG	25 - 499 KG	+ 500 KG
Malta Pilsen - Fuglsang Pilsen NUEVO!	Kilos	\$ 5.200	\$ 4.700	\$ 4.400
Malta Pale Ale - Fuglsang Pale Ale NUEVO!	Kilos	\$ 5.500	\$ 4.900	\$ 4.700
MALTAS ALEMANAS BESTMALZ				
PRODUCTO	PRESENTACION	1 - 24 KG	25 - 499 KG	+ 500 KG
Malta Pilsen - BEST Pilsen	Kilos	\$ 5.500	\$ 5.000	\$ 4.800
Malta Pale Ale - BEST Pale Ale	Kilos	\$ 5.800	\$ 5.300	\$ 5.100
Malta Vienna - BEST Vienna	Kilos	\$ 5.800	\$ 5.300	\$ 5.100
Malta Munich - BEST Munich	Kilos	\$ 5.900	\$ 5.400	\$ 5.200
Malta Munich Oscura - BEST Munich Dark	Kilos	\$ 5.900	\$ 5.400	
Malta Trigo - BEST Wheat Malt	Kilos	\$ 5.500	\$ 5.000	\$ 4.800
Malta Trigo Oscuro - BEST Wheat Malt Dark	Kilos	\$ 5.600	\$ 5.100	
Malta Caramel Pils - Best Caramel Pils	Kilos	\$ 6.000	\$ 5.500	
Malta Red X - BEST Red X *	Kilos	\$ 6.700	\$ 6.200	
Malta Melano - BEST Melanoidin	Kilos	\$ 6.500	\$ 6.000	
Malta Caramel Amber - Best Caramel Amber	Kilos	\$ 6.500	\$ 6.000	
Malta Caramel Hell - BEST Caramel Hell	Kilos	\$ 6.500	\$ 6.000	
Malta Caramel Aromatic - BEST Caramel Aromatic	Kilos	\$ 6.500	\$ 6.000	
Malta Caramel Munich I - BEST Caramel Munich I	Kilos	\$ 6.600	\$ 6.100	
Malta Caramel Munich II - BEST Caramel Munich II	Kilos	\$ 6.800	\$ 6.300	
Malta Caramel Munich III - BEST Caramel Munich III	Kilos	\$ 6.800	\$ 6.300	
Malta Special X - BEST Special X *	Kilos	\$ 7.500	\$ 7.000	
Malta de Centeno - BEST Rye Malt	Kilos	\$ 7.400	\$ 6.900	
Malta Biscuit - BEST Biscuit	Kilos	\$ 8.000	\$ 7.500	
Malta Chocolate - BEST Chocolate	Kilos	\$ 8.000	\$ 7.500	
Malta Negra Extra - BEST Black Malt Extra	Kilos	\$ 8.000	\$ 7.500	
Malta Acida - BEST Acidulated Malt	Kilos	\$ 8.600	\$ 8.100	
Malta Ahumada - BEST Smoked	Kilos	\$ 8.600	\$ 8.100	
Cebada tostada - BEST Roasted Barley	Kilos	\$ 8.800	\$ 8.300	
Malta Spelt - BEST Spelt Malt	Kilos	\$ 10.000	\$ 9.500	
Malta Avena - BEST Oat Malt	Kilos	\$ 13.800	\$ 13.300	

LUPULOS YAKIMA VALLEY HOPS						
PRODUCTO	PRESENTACION	100 GR	250 GR	500 GR	1 KG	VR KG + 5KG
Lupulo Cascade pellet	Bolsas	\$ 16.000	\$ 36.000	\$ 70.000	\$ 130.000	\$ 115.000
Lupulo Bravo pellet	Bolsas	\$ 17.000	\$ 39.000	\$ 75.000	\$ 140.000	\$ 125.000
Lupulo Centennial pellet	Bolsas	\$ 17.000	\$ 39.000	\$ 75.000	\$ 140.000	\$ 130.000
Lupulo Nugget pellet	Bolsas	\$ 17.000	\$ 39.000	\$ 75.000	\$ 140.000	\$ 130.000
Lupulo Chinook pellet	Bolsas	\$ 19.000	\$ 41.000	\$ 85.000	\$ 160.000	\$ 150.000
Lupulo Magnum pellet	Bolsas	\$ 19.000	\$ 41.000	\$ 85.000	\$ 160.000	\$ 150.000
Lupulo Loral pellet	Bolsas	\$ 19.000	\$ 41.000	\$ 85.000	\$ 160.000	\$ 150.000
Lupulo Hallertau Tradition pellet	Bolsas	\$ 20.000	\$ 47.000	\$ 90.000	\$ 170.000	\$ 160.000
Lupulo Northern brewer pellet	Bolsas	\$ 20.000	\$ 47.000	\$ 90.000	\$ 170.000	\$ 160.000
Lupulo Perle pellet	Bolsas	\$ 20.000	\$ 47.000	\$ 90.000	\$ 170.000	\$ 160.000
Lupulo Amarillo pellet	Bolsas	\$ 22.000	\$ 52.000	\$ 100.000	\$ 190.000	\$ 175.000
Lupulo Fuggle pellet	Bolsas	\$ 22.000	\$ 52.000	\$ 100.000	\$ 190.000	\$ 185.000
Lupulo Mandarina Bavaria pellet	Bolsas	\$ 22.000	\$ 52.000	\$ 100.000	\$ 190.000	\$ 180.000
Lupulo Saaz pellet	Bolsas	\$ 22.000	\$ 52.000	\$ 100.000	\$ 190.000	\$ 185.000
Lupulo Sterling pellet	Bolsas	\$ 22.000	\$ 52.000	\$ 100.000	\$ 190.000	\$ 180.000
Lupulo East Kent Golding pellet	Bolsas	\$ 25.000	\$ 59.000	\$ 115.000	\$ 225.000	\$ 215.000
Lupulo Mosaic pellet	Bolsas	\$ 30.000	\$ 72.000	\$ 140.000	\$ 270.000	\$ 260.000
Lupulo Citra pellet	Bolsas	\$ 32.000	\$ 75.000	\$ 145.000	\$ 280.000	\$ 265.000
Lupulo Simcoe pellet	Bolsas	\$ 32.000	\$ 75.000	\$ 145.000	\$ 280.000	\$ 265.000

LUPULOS YAKIMA CHIEF HOPS		
PRODUCTO	PRESENTACION	454 GR
Lupulo Amarillo pellet	Bolsas	\$ 100.000
Lupulo Cascade pellet	Bolsas	\$ 69.000
Lupulo Centennial pellet	Bolsas	\$ 74.000
Lupulo Loral pellet	Bolsas	\$ 79.000
Lupulo Magnum pellet	Bolsas	\$ 74.000
Lupulo Nugget pellet	Bolsas	\$ 64.000
Lupulo Perle pellet	Bolsas	\$ 84.000

LEVADURAS FERMENTIS			
PRODUCTO	PRESENTACION	11.5 GR	500 GR
Levadura SafAle S-04	Sobres	\$ 14.000	\$ 257.000
Levadura SafAle US-05	Sobres	\$ 14.000	\$ 275.000
Levadura SafAle K-97	Sobres	\$ 14.000	\$ 272.000
Levadura SafAle BE-134	Sobres	\$ 15.000	\$ 300.000
Levadura SafAle BE-256	Sobres	\$ 16.000	\$ 330.000
Levadura SafAle WB-06	Sobres	\$ 15.000	\$ 300.000
Levadura SafAle S-33	Sobres	\$ 13.000	\$ 216.000
Levadura SafAle T-58	Sobres	\$ 13.000	\$ 237.000
Levadura SafAle F2 REFERMENTACION	Sobre 20G	\$ 13.000	
Levadura SafLager S-189 Lager	Sobres	\$ 16.000	
Levadura SafLager W-34/70 Lager	Sobres	\$ 17.000	\$ 395.000
Levadura SafLager S-23 Lager	Sobres	\$ 15.000	\$ 375.000

LEVADURAS ESPECIALES	PRESENTACION	500 GR
Bacteria Safsour LP 652 <i>para cervezas acidas</i>	Sobre 100G	\$ 320.000
Levadura SafAle HA-18 <i>para cervezas de alto grado alcoholico</i>	Sobres	\$ 290.000
Levadura SafAle LA-01 <i>para cervezas sin alcohol</i>	Sobres	\$ 260.000
Levadura SafSpirit HG-1 <i>para hard seltzer</i>	Sobres	\$ 180.000

PRODUCTOS FUNCIONALES FERMENTIS	PRESENTACION	100 GR
Spring*Blanche <i>para una turbidez consistente</i>	Sobres	\$ 70.000

LEVADURAS ENOLOGICAS	PRESENTACION	5 GR	500 GR
Levadura Safcider	Sobres	\$ 8.000	\$ 130.000
Levadura Safoeno VR 44	Sobres		\$ 120.000
Levadura Safoeno BC S103	Sobres		\$ 125.000
Levadura Safoeno CK S102	Sobres		\$ 130.000

ADITIVOS EN CERVECERIA

ADJUNTOS

PRODUCTO	PRESENTACION	PAQUETE
Azucar candi clara	1 Libra	\$ 37.000
Azucar candi oscura	1 Libra	\$ 37.000
Cascaras de naranja dulce	1 Onza	\$ 15.000
Cascaras de naranja amarga	1 Onza	\$ 15.000
Chips de roble americano	4 Onzas	\$ 12.000
Semillas de cilantro	1 Onza	\$ 15.000

ADJUNTOS DE OTROS CEREALES

PRODUCTO	PRESENTACION	500 GR	1 KG	25 KG
Bufalo - almidon de maiz	Bolsas	\$ 3.000	\$ 5.000	\$ 120.000
Proyucal - almidon de yuca	Bolsas	\$ 3.000	\$ 5.000	\$ 120.000
Cerelose - dextrosa	Bolsas	\$ 3.500	\$ 6.000	\$ 140.000
Maltodextrina	Bolsas	\$ 4.000	\$ 7.000	\$ 145.000
Jarabe de alta maltosa Mor - Sweet 014590	Caneca 40 KL	\$ 176.200		

SALES

PRODUCTO	PRESENTACION	250 GR	500 GR	1000 GR
Sulfato de calcio	Bolsas	\$ 2.500	\$ 4.500	\$ 8.000
Carbonato de calcio	Bolsas	\$ 1.500	\$ 3.000	\$ 5.000
Sulfato de magnesio	Bolsas	\$ 1.500	\$ 3.000	\$ 5.000

CLARIFICANTES DE CERVEZA

PRODUCTO	PRESENTACION	100 GR	500 GR	1000 GR
Clarificante en hervido - Whirlfloc	Tarros	\$ 33.000	\$ 155.000	\$ 300.000
Clarificante en hervido - Polyclar Brewbrite	Tarros	\$ 33.000	\$ 155.000	\$ 300.000
PRODUCTO	PRESENTACION	400 ML	1000 ML	1 GAL
Clarificante en maduracion - Biofine Clear A3	Tarros	\$ 50.000	\$ 115.000	\$ 400.000

DESINFECCION

PRODUCTO	PRESENTACION	100 ML	500 ML	1000 ML	1 GAL
Sanitizante Star San	Tarros	\$ 20.000	\$ 80.000	\$ 140.000	\$ 520.000


OBSERVACIONES

Precios IVA incluido

Lugar de entrega: Bogota

ANEXO 2.

COSTOS DEL FERMENTADOR



RUNFANG

Venta caliente nuevo diseño de 600 litros de cerveza de acero inoxidable fermentador

>=1 Sets
1.350,00 US\$

Número de Mod... 100L-30000L

Lead Time?:

Cantidad(Sets)	1 - 30	>30
Hora del Est.(días)	45	Se negociará

Personalización: Logotipo personalizado(Min. Order: 1 Sets)
Embalaje personalizado(Min. Order: 1 Sets)
More ▾


Shipping: Support Transporte marítimo
✔ **10 años** en garantía de maquinarias

[Alibaba.com Freight](#) | [Compare Rates](#) | [Learn more](#)

Protección: **Garantía comercial** protege tu pedido de Alibaba.com
 Política de reembolso


Añadir para co... [Compartir](#)

[View larger image](#)



ANEXO 3.

COSTOS DE TANQUES. INOXIMEXICO



Tanque de Agitación de 600 Litros
\$168,657.30 MXN

TKAG600LNPT

Tanque de agitación de 600L nominales (útiles el 80% regularmente). Medidas de 95cm de diámetro por 85cm del altura mas 50cm de base. Fabricado en acero inoxidable 304 grado alimenticio calibre 14 con motorreductor de 2HP con velocidad de giro fija. Chaqueta de aislamiento cerámico de 2" y cubierto en acero inoxidable. Cuenta con válvula de salida de 3/4 NPT. Base de acero inoxidable. Termómetro de 0-150°C y quemador industrial de alta eficiencia con ventilación forzada. El tanque cuenta con chaqueta para aislar el tanque como también cuenta con chaqueta para aislar el faldón del quemador con chimenea de desfogue de gases, para efficientar el calentamiento. Incluye chisero. --- IMAGEN DE TANQUE DE AGITACIÓN NPT

NPT Clamp

CANTIDAD DESEADA

ANEXO 4.

COSTOS DE FILTROS



CZECH TRADITIONAL BREWING SOLUTION EUROPEAN QUALITY

Catálogo » FIL: equipo de filtración » PLF: Filtros de placa » PLF-IPE4040 Filtro de placa 400 x 400 con placas de polietileno

PLF-IPE4040 Filtro de placa 400 x 400 con placas de polietileno

€ 4100 , € 6890 Sin impuestos

Filtro de placa 400 x 400 con placas de polietileno. Disponible con 12, 20, 30, 40, 50 o 60 piezas de placas de PE (marcos) para cajas de filtración de 400 x 400 mm.

Este sistema de filtración implica el uso de capas de filtro "cartones" que se interponen entre las placas con marcos de polietileno. Se puede utilizar para una filtración primaria y secundaria de cerveza, vino o sidra antes del proceso de embotellado. La esterilización con vapor caliente no está permitida. Con un juego para la filtración doble: el kit de filtración doble. Se puede entregar con soportes de placa de filtro SST para doble filtración (opcionalmente).

NÚMERO DE PLACAS

[Borrar selección](#)

Con 12 piezas de placas de polietileno (marcos para cajas de filtración)

€ 4100 Sin impuestos

Referencia: PLF-IPE4040-12
Categoría PLF: Filtros de placa
Etiquetas: Cerveza, Filtración



ANEXO 5.

COSTOS DE RALLADOR



[View larger image](#)



Añadir para co... [Compartir](#)

HQC-611-rallador de patatas automático, acero inoxidable, 304

1 - 4 Sets	5 - 9 Sets	>=10 Sets
1.190,00 US\$	1.100,00 US\$	1.000,00 US\$

Beneficios  Cupones de 3.000 USD [Aplicar ahora >](#)

Número de Mod...

Lead Time🕒:

Cantidad(Sets)	1 - 20	>20
Hora del Est.(días)	7	Se negociará

Personalizacion: [Logotipo personalizado](#)(Min. Order: 1 Sets)
[Embalaje personalizado](#)(Min. Order: 1 Sets)
[More](#) v


Ayuda:  **1 año** en garantía de maquinarias | **3 meses** for Core Components


[Alibaba.com Freight](#) | [Compare Rates](#) | [Learn more](#)

Protección:  **Garantía comercial** protege tu pedido de Alibaba.com
 **Garantía de envío a tiempo**  **Política de reembolso**


ANEXO 6.

COSTOS DE PELADOR DE PAPA






The image shows a stainless steel industrial potato peeler machine. It has a large cylindrical drum at the top with a hopper for potatoes on top. The drum is mounted on a sturdy metal frame with four legs. A motor is visible on the left side of the machine. The machine is designed for high-volume processing in a commercial kitchen or food processing plant.

Nuevo | 21 vendidos


Peladora De Papa Industrial 35Ib 

\$ 2.750.000

 Hasta 48 cuotas


[Más información](#)

 Entrega a acordar con el vendedor

Barrios Unidos, Bogotá D.C.

[Ver costos de envío](#)

Stock disponible

Cantidad: **1 unidad**  (17 disponibles)

[Comprar ahora](#)

ANEXO 7.

RECOMENDACIONES

Es recomendable hacer un análisis previo del agua que se usara en el proceso determinando la cantidad de iones que se encuentren disueltos en esta, ya que si esta presenta gran cantidad de iones de sulfatos es posible que se obtenga un sabor amargo en la cerveza.

Para el proceso es una buena opción utilizar lúpulos con altas concentraciones de alfa ácidos (humulonas) y bajas concentraciones de beta ácidos (lupulonas) esto favorece los agentes antibacterianos en la composición y además puede permitir sabores menos amargos en la cerveza.

En este proceso es recomendable evitar el fenómeno Chill Haze que se puede dar por condensación de proteínas y por acción del frío, produciendo mayor turbidez en la cerveza, para mitigar este lo mejor es hacer uso de clarificantes que permiten una mejor precipitación de las proteínas suspendidas.

El proceso de carbonatación puede ser más favorable si se realiza a bajas temperaturas, alrededor de los 4 °C, de esta manera se retiene más fácil el CO₂ [1].

En el proceso de fermentación se recomienda que el pH sea ligeramente ácido entre 4,1 y 4,3 [1] con el fin de que las levaduras puedan realizar su actividad enzimática.

El proceso que se determinó en esta investigación es favorable llevarlo en escala industrial.