

ESTABLECER CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL NUEVO PROCESO DE
ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO APA EN LA
MICROCERVECERÍA DOPE D.C

NICOLÀS ANDRÈS PAEZ SALAMANCA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2019

ESTABLECER CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL NUEVO PROCESO DE
ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO APA EN LA
MICROCERVECERÍA DOPE D.C

NICOLÀS ANDRÈS PAEZ SALAMANCA

Proyecto integral de grado para optar el título de:
INGENIERO QUÌMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTA D.C
2019

Nota de aceptación

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Ing. David Triviño Rodríguez

Bogotá D.C Agosto de 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente Institucional y Rector del Claustro.

DR. MARIO POSADA GARCIA - PEÑA

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCIA PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Decano General Facultad de Ingenierías.

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa de Ingeniería Química.

Ing. LEONARDO DE JESUS HERRERA GUTIERREZ

Las directivas de la universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo de docentes no son responsables por los criterios ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de grado a Martha Janeth Salamanca Sánchez, mi madre por sus esfuerzos, desvelos; por guiarme en mi formación personal y ayudarme a hacer de mí la persona que soy actualmente. A mis abuelos por creer en mis habilidades, por su apoyo moral y económico; muchos de mis logros se los debo a ustedes quienes siempre me motivaron para seguir adelante y lograr mis anhelos y metas.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi poder superior por permitirme la vida, la salud y la sabiduría para lograr esta meta que en mí genera satisfacción personal y profesional. A mi madre Martha Janeth y a mi novia Diana Marcela Rodríguez por su colaboración y esfuerzo, a mi amigo Manuel Alejandro quien me dio la confianza y motivación para afrontar este proyecto empresarial en compañía. Y en general a mi familia, compañeros y amigos que me acompañaron en este camino de enseñanza. A mis docentes quienes me guiaron y orientaron para la realización de este proyecto, en especial al profesor Edgar Fernando Moreno.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	19
INTRODUCCION	21
OBJETIVOS	22
1.MARCO TEORICO	23
1.1 GENERALIDADES	23
1.2 COMPOSICIÓN	24
1.3 TIPOS DE CERVEZA	25
1.4 MATERIAS PRIMAS	25
1.4.1 Agua	26
1.4.2 Cebada	28
1.4.3 Lúpulo	32
1.4.4 Levadura	34
2.ESTABLECER LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CERVEZA ELABORADA EN LA SALA DE COCCIÓN DE 25L	35
2.1 ESTABLECER EL VALOR DE LA GRAVEDAD ORIGINAL	35
2.2 ESTABLECER EL VALOR DE LA GRAVEDAD FINAL	37
2.3 DETERMINAR PORCENTAJE DE ALCOHOL EN VOLUMEN DE LA CERVEZA	39
2.4 DETERMINAR EL PH DE LA CERVEZA	39
2.5 ESTABLECER EL VALOR DEL AMARGOR EN LA CERVEZA	40
2.6 DETERMINAR EL COLOR EN LA CERVEZA	43
3.ESTABLECER CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA, CON UNA CAPACIDAD DE 120L	47
3.1 GENERALIDADES DE LA MATERIA PRIMA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ESTILO APA	47
3.1.1 Agua	47
3.1.2 Malta	49

3.1.3	Lúpulo	63
3.2	DETERMINAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN NECESARIAS EN CADA UNA DE LAS ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL	64
3.2.1	Balance de Masa Global de la Microempresa Dope D.C	64
3.2.2	Balance de Masa en cada una de las unidades del proceso	67
3.2.3	Limpieza y Desinfección	72
3.2.4	Molienda o Molturación	72
3.2.5	Macerado	74
3.2.6	Propiedades de las enzimas	75
3.2.7	Adiciones de Lúpulo en Hervor y Enfriado	78
3.2.8	Fermentación	80
3.2.9	Establecer los requerimientos energéticos de la nueva sala de cocción de 120L	80
4.	EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CERVEZA QUE SE PRODUCE EN LA SALA DE COCCIÓN DE 120L, CON RESPECTO A LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CERVEZA YA ESTABLECIDAS PARA LA SALA DE COCCIÓN DE 25L	83
4.1	GRAVEDAD ORIGINAL	83
4.2	GRAVEDAD FINAL	84
4.3	DETERMINAR PORCENTAJE DE ALCOHOL EN VOLUMEN DE LA CERVEZA	86
4.4	DETERMINAR EL PH DE LA CERVEZA	86
4.5	DETERMINAR EL AMARGOR EN LA CERVEZA	88
4.6	DETERMINAR EL COLOR EN LA CERVEZA	89
5.	ANALIZAR LOS COSTOS OCASIONADOS EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA APA EN UNA SALA DE COCCIÓN DE 25 Y 120L	93
5.1	COSTO DE INVERSIÓN DE LA NUEVA COCINA EN ACERO INOXIDABLE AISI 304-2B	93
5.2	COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO CON UNA CAPACIDAD DE TOTAL DE 25L	94

5.3 COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO CON UNA CAPACIDAD DE TOTAL DE 120L	96
6. CONCLUSIONES	99
7. RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFIA	101
ANEXOS	104

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición química aproximada de una cerveza común.	24
Tabla 2. Clasificación de la dureza del agua por CaCO ₃ según la OMS	27
Tabla 3. Tipos de presentación de lúpulo	33
Tabla 4. Valores de pH para cada una de las muestras.	40
Tabla 5. Valores de absorbancia para cada una de las muestras a 430nm.	44
Tabla 6. Análisis de las características del agua potable presente en la red de distribución para el barrio José Joaquín Vargas y su reglamentación.	48
Tabla 7. Categorías de aromas y sabores (Malt Aroma Wheel), método empírico para la evaluación sensorial de la malta de Weyermann® Malting Company.	49
Tabla 8. Aspectos físicos de la Malta a evaluar.	50
Tabla 9. Datos fisicoquímicos para la malta pale ale.	52
Tabla 10. Datos experimentales de aspectos físicos.	54
Tabla 11. Datos fisicoquímicos para la malta cara aroma.	55
Tabla 12. Datos del análisis físico-visual para la malta cara-aroma.	57
Tabla 13. Parámetros fisicoquímicos para la malta Cara-Múnich	58
Tabla 14. Datos del análisis físico-visual para la malta Cara-Múnich.	60
Tabla 15. Ficha técnica para la levadura Safe Ale	63
Tabla 16. Listado de Materias primas utilizadas en Dope D.C.	65
Tabla 17. Listado de desperdicios ocasionados en la microcervecería Dope D.C.	66
Tabla 18. Tabla de cantidades de materia por corrientes de acuerdo al diagrama de proceso de Dope D.C.	71
Tabla 19. Especificaciones técnicas del tanque de macerado.	75
Tabla 20. Principales enzimas involucradas en la maceración.	76
Tabla 21. Tabla de adiciones de lúpulo.	79
Tabla 22. Consumo de energía eléctrica en cada una de las etapas de proceso involucradas.	81
Tabla 23. Consumo de gas en cada etapa involucrada en la sala de cocción en Dope D.C de 120L.	82
Tabla 24. Valores de pH en la cerveza APA producida en una sala de cocción de 120L	87
Tabla 25. Datos de absorbancia a 430 nm para determinar el color de la cerveza producida en una sala de cocción de 120L.	90
Tabla 26. Listado de la inversión realizada por Dope D.C	93
Tabla 27. Listado de costos de materia prima para producir un lote de 25 de APA.	94
Tabla 28. Referentes del SMLV del año 2019.	95
Tabla 29. Costos totales por mano de obra para un lote de 25L de APA.	95
Tabla 30. Costos ocasionados por servicios, necesario en la elaboración de un lote de 25L de APA.	95

Tabla 31. Costos Adicionales ocasionado durante el proceso de elaboración de 25L de APA.	96
Tabla 32. Costo de materias primas para un lote total de 120L.	96
Tabla 33. Costos de mano de obra para un lote de 120L.	97
Tabla 34. Costos de servicios ocasionados en el proceso de elaboración de120L de APA.	97
Tabla 35. Costos indirectos ocasionado durante el proceso de elaboración de 120L de APA.	98

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Escala de colores medida en grados Lovibond ($^{\circ}$ L), SRM y EBC	31
Ilustración 2. Procedimiento para el cálculo de la Densidad Original DO	36
Ilustración 3. Factor de prueba de Daniels mediante la densidad en el hervor.	42
Ilustración 4. Escala de colores de la cerveza en unidades EBC según la Mebak.	45
Ilustración 5. Determinador de humedad OHAUS MB23.	51
Ilustración 6. Malt Aroma Wheel "Pale Ale" Whole Kernel.	53
Ilustración 7. Malt Aroma Wheel "Cara-Aroma" Whole Kernel.	56
Ilustración 8. Dato del %H para la malta cara aroma.	57
Ilustración 9. Malt Aroma Wheel "Cara-Munich" Whole Kernel.	59
Ilustración 10. Circulo aromático del lúpulo Chinook.	61
Ilustración 11. Circulo aromático del lúpulo Cascade.	62
Ilustración 12. Diagrama de bloques de la microempresa Dope D.C.	65
Ilustración 13. Balance de masa global.	66
Ilustración 14. Balance de Masa en la Molienda.	67
Ilustración 15. Balance de Masa en la 1 $^{\circ}$ Maceración.	67
Ilustración 16. Balance de Masa en la 2 $^{\circ}$ Maceración.	68
Ilustración 17. Balance de Masa en Tanque de Hervor del mosto.	68
Ilustración 18. Balance de Masa en el Primer Filtro.	68
Ilustración 19. Balance de Masa en la fermentación.	69
Ilustración 20. Balance de Masa del filtrado secundario y maduración de la cerveza.	69
Ilustración 21. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza artesanal APA	70
Ilustración 22. Imagen de relación de Levadura vs Agua.	80
Ilustración 23. Procedimiento para el cálculo de la DO en una sala de cocción de 120L	84
Ilustración 24. Calculo del %ABV de una cerveza producida en una sala de cocción de 120L.	86
Ilustración 25. Rangos y Campana de Gauss para la prueba de hipótesis que se realiza para los datos de pH.	88
Ilustración 26. Procedimiento que ayuda a determinar el color de la cerveza que se produce en una sala de cocción de 120L en unidades EBC.	91
Ilustración 27. Prueba de hipótesis para los datos del colores en escala EBC.	91

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Relación del factor de utilización (U), con respecto al tiempo de sumersión en el hervor.	41
Gráfica 2. Dependencia de la actividad enzimática de la temperatura.	76
Gráfica 3. Temperatura en función del tiempo de macerado.	77
Gráfica 4. Cociente total de sacarosa con respecto al tiempo de macerado.	78

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	pág.
Fotografía 1. Imagen del valor de %Brix arrojado por el refractómetro, para ayuda del cálculo de la DO.	36
Fotografía 2. Toma de muestra para la Densidad Final.	37
Fotografía 3. Imagen del valor de %Brix arrojado por el refractómetro, para ayuda del cálculo de la FG.	38
Fotografía 4. Cervezas destinadas para toma de pruebas de colorimetría por refracción	43
Fotografía 5. Imagen representativa de la configuración del blanco.	44
Fotografía 6. Imagen de la malta pale ale.	51
Fotografía 7. Imagen de malta triturada.	53
Fotografía 8. Imagen del valor de la humedad arrojado por el MB23 para la malta pale ale.	54
Fotografía 9. Imagen de malta Cara- aroma.	55
Fotografía 10. Imagen de la Malta Cara-Múnich.	58
Fotografía 11. Imagen del %H para la malta cara-Múnich	59
Fotografía 12. Imagen del Lúpulo Chinook.	61
Fotografía 13. Imagen de levadura Safe Ale 05.	63
Fotografía 14. Molino, encargado de la molienda en la microcervecería Dope D.C.	73
Fotografía 15. Imagen de malta triturada.	74
Fotografía 16. Imagen real de los valores de grados brix que permite determinar la densidad original.	84
Fotografía 17. Toma de muestra en la etapa de fermentación para determinar su FG.	85
Fotografía 18. Imagen real del dato de grados brix para determinar la FG.	85
Fotografía 19. Imagen demostrativa del análisis en el refractómetro Genesys 5, para la muestra de cervezas producidas en una sala de cocción de 120L.	90

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Ecuación para hallar la densidad a través de °Brix	36
Ecuación 2. Ecuación para determinar la OG	37
Ecuación 3. Ecuación que facilita el cálculo de la Gravedad Final.	38
Ecuación 4 Formula que ayuda para el calculo del %ABV.	39
Ecuación 5. Ecuacion para la determinar los IBU de una cerveza.	41
Ecuación 6. Ecuación de la curva roja la cual ayuda a determina el valor factor de utilización.	42
Ecuación 7. Ecuación que determina el color de la cerveza en escala EBC.	45
Ecuación 8. Ecuación que determina la cantidad de energía eléctrica que se consume por parte de un equipo.	81

GLOSARIO

APA: sus siglas en ingles significan American Pale Ale. Es una cerveza ale pálida, refrescante y lúpulada, con suficiente soporte de malta para hacer la cerveza balanceada y bebible. La presencia limpia de lúpulo puede reflejar variedades clásicas o modernas, americanas o del nuevo mundo, además de ser una cerveza artesanal americana pálida de intensidad promedio y orientada hacia el lúpulo¹.

BJCP: acorde con lo descrito en su página web, el Beer Judge Certification Program, Inc. (BJCP) es una organización mundial de certificación para jueces de cerveza y productos fermentados relacionados.²

DIASTASA: la diastasa es una enzima de origen vegetal que se encuentra en determinadas semillas germinadas. Su función es de catalizar la hidrólisis, primero del almidón en dextrina e inmediatamente después, en azúcar o glucosa.³

FUSARIUM: es un extenso género de hongos filamentosos ampliamente distribuido en el suelo y en asociación con plantas. La mayoría de las especies son saprofitas y no son unos miembros relativamente abundantes de la microbiota del suelo.⁴

IBU: acrónimo de International Bitterness Unit. Unidad norteamericana usada para medir el amargor de la cerveza. Un IBU es igual a un miligramo de alfa-ácido por cada litro de cerveza.⁵

LOVIBOND: la escala Lovibond original se utilizó para medir gases de colores, pero desde entonces se ha expandido para medir colores de los aceites, productos químicos, alimentos y bebidas.⁶

OG y FG: acrónimos de Original Gravity y Final Gravity.

¹ STRONG, Gordon, ENGLAND, Kristen. Beer Judge Certification Program. Guia de estilos de cerveza, 2015. 52 p.

² How is the BJCP organized? [en línea]. Beer Judge Certification Program, 2014-. [Fecha de consulta: 9 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.bjcp.org/bjcpfaq.php>

³ APICULTURA WIKI. Definición de Diastasa. [En línea] 19 febrero de 2019, <https://apicultura.fandom.com/wiki/Diastasa>. [Consultado 19 febrero de 2019]

⁴ PEREZ CALVO, Mar. Plagas Vegetales, Fusarium [en línea], Cosemar Ozono, 2017. [Consultado 21 de febrero 2019]. Disponible en: <https://www.cosemarozono.com/descargas/informe-eliminar-plagas-de-fusarium-en-agricultura-v2017.pdf>

⁵ GALO SANTIAGO ZAPATA. Proceso para obtener una bebida de bajo grado alcohólico a partir de la quinua. [en línea]. Trabajo de grado. Quito.: Universidad Central del Ecuador. Facultad de ingeniería química. 2016. 93p. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10052/3/T-UCE-0017-0041-2016.pdf>.

⁶ Definición de Lovibond [en línea]. Culturilla Cervecera, 2008-. [Fecha de consulta: 8 mayo 2019]. Disponible en: <http://culturillacervecera.blogspot.com/2008/09/lovibond.html>

PARDEAMIENTO: el “pardeamiento enzimático”, es aquella transformación enzimática en sus primeras etapas, de compuestos fenólicos en polímeros coloreados, frecuentemente de color pardo o negro; es decir es el pardeamiento oxidativo catalizados enzimáticamente⁷.

PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable.

SRM y EBC: el color de las cervezas se evalúa de acuerdo a dos escalas: la SRM (Standard Reference Method) utilizada principalmente en Estado Unidos y la EBC (European Brewing Convention) en el resto del mundo.⁸

SUSTRATO: se define como sustrato enzimático a la molécula sobre la que actúa la enzima. Luego de modificada en la reacción química, esa molécula pierde sus propiedades y deja de ser sustrato, por lo que la enzima queda libre para actuar sobre otra molécula intacta.⁹

TEMPLA: mezcla de agua caliente y malta triturada que sirve para la elaboración de cerveza¹⁰.

⁷ ÁLVAREZ GARCÍA, Guillermo. La ciencia de los alimentos y el pardeamiento enzimático [en línea]. Tesis, Escuela de Ingeniería en industrias alimentarias, 2009. [Consultado 20 de febrero 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1726/T-641.3-A45.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁸ SUÁREZ DÍAZ, María. CERVEZA: COMPONENTES Y PROPIEDADES. Trabajo fin de master Biotecnología Alimentaria. Oviedo.: Universidad de Oviedo, 2013. 42 p.

⁹ Biología, Conceptos Basicos [en línea]. Argentina: Universidad Nacional del Litoral, 2015-. [Fecha de consulta: 7 marzo 2019]. Disponible en: http://www.unl.edu.ar/ingreso/cursos/biologia/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/BIO_03.pdf.pdf

¹⁰ SOLO ES CERVEZA. Templa. [En línea] 22 febrero de 2019, <https://soloescerveza.com/glosario/templa>. [Consultado 22 febrero de 2019]

RESUMEN

Dope D.C es una microempresa encargada de la producción de cerveza artesanal, ubicada en el Barrio José Joaquín Vargas (Calle 68 # 65 - 55) de la ciudad de Bogotá, gracias a su gran variedad y calidad en productos, se impone como una de las mejores cervecerías modernas del sector, en la actualidad la microcervecería ofrece nueve estilos algunos de ellos con adiciones frutales, de cada uno de estos estilos se producen lotes de 0,25 hL, para producir finalmente 1,8 hL totales semanalmente. Dope D.C observó un aumento en sus ventas y en la demanda de su producto en el mercado local; debido a la poca eficiencia de sus equipos respecto a la producción, se vio en la necesidad de aumentar el volumen de la sala de cocción de 25 L a 120 L totales y con ello lograr cumplir con las necesidades de demanda de la microempresa. Por tal motivo se lleva a cabo el proyecto de ingeniería química el cual consiste en establecer las condiciones de operación del nuevo proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo APA en la microcervecería.

Para definir las condiciones de operación de la nueva sala de cocción con una capacidad de 120L por lote, es indispensable resolver el proyecto de forma consecutiva; por tal motivo se formulan una serie de objetivos específicos los cuales ayudaran a culminar de forma satisfactoria el proyecto. Sabiendo que el estilo que se tiene en cuenta para el escalado es american pale ale, se tomarán una serie de muestras de la cerveza ya estandarizada producida en la antigua sala de cocción con capacidad de 25L, los datos arrojados por cada una de las muestras nos ayuda a establecer parámetros fisicoquímicos de la cerveza echa en dope D.C y de esta forma lograr tener una idea clara del producto final deseado; estos parámetros, son el valor de pH, color, unidades de amargor, porcentaje de alcohol, gravedad original y gravedad final, características que refieren al estilo propio de cerveza APA en la microcerveceria Dope D.C. Luego de tener una idea clara del producto deseado, se empieza por definir las condiciones de operación en cada una de las etapas del proceso con capacidad de producción de 120L, se calculan los requerimientos de materia prima, y con ello se realizar controles de calidad a la malta, y lúpulo además de caracterizar el agua destinada como materia prima. Como parte de diseño del proceso en general se realiza el balance de masa global y para cada una de las etapas, diagrama PFD, datos de gestión energética y condiciones de operación para cada una de las unidades del proceso.

Una vez se obtiene cerveza APA en lotes de 120L se establecen sus características vitales, estas son comparadas con las del producto que se elaboró en la cocina de 25L. Por otro lado, los costos que se ocasionaron en cada uno de los escenarios son comparados mediante el cálculo del precio de venta, con un margen de ganancia del 30%. De esta forma se cumplen todos los objetivos específicos planteados los cuales nos ayudaron a la realización satisfactoria proyecto de grado, y además contribuir a establecer las condiciones de operación en cada una de las etapas teniendo en cuenta la nueva sala de cocción de 120L. Gracias a ello se generan ciertas recomendaciones y conclusiones respecto al nuevo proceso.

PALABRAS CLAVE: Cerveza, American Pale Ale, Condiciones de operación.

INTRODUCCION

A causa del aumento en sus ventas y la demanda de su producto, Dope D.C decide reemplazar los equipos antiguos con unos nuevos de mayor volumen, el cual representa 120L totales de producción por cada lote producido, dependiendo también del estilo que se desea, en este caso un American Pale Ale el cual se produce semanalmente ya que es un estilo base. La cocina actual cuenta con un tanque de macerado, tanque de hervor de agua, tanque de hervor del mosto, fermentador y banco de frío con mayor capacidad cada uno de ellos, con el fin de cubrir con la demanda en el área local donde se ubica la microempresa y sitios de distribución.

Para lograr la puesta en marcha del proyecto y establecer las condiciones de operación en cada una de las etapas de proceso en una sala de cocción de 120L totales por lote producido, inicialmente se toman una serie de muestras del producto que se produce en una sala de cocción con una capacidad de 25L y de acuerdo a esto se determinaron las características del producto a realizar, como el valor de pH, el color, grados de amargor, grados de alcohol y su gravedad original y final; en este caso para una cerveza de estilo ale pálida americana hecha en Dope D.C. Por otra parte, se definen condiciones del proceso en general como el balance de masa de cada una de las etapas y el global, diagrama PFD, datos de gestión energética, y condiciones de operación de cada una de las unidades de proceso involucradas. Se realizaron tres cocciones que ayudaron a establecer las condiciones de operación del nuevo proceso además de ayudar en la caracterización del producto, de igual forma como se definieron características para el producto que se produce en la sala de cocción con capacidad de 25L. El color único parámetro que para ambas muestras es determinado vía laboratorio, este ubicado en la Universidad de América. Y por último se realiza el análisis de los costos ocasionados en el proceso de producción con las distintas salas de cocción con capacidad de 25 y 120L, así lograr una comparación mediante su precio de venta unitario para ambos escenarios.

Por ello el documento de investigación del proyecto de fin de carrera de ingeniería química, mostrará cómo se lleva a cabo el nuevo proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo APA en la microcervecería Dope D.C y su nueva sala de cocción, de manera detallada con cada una de sus operaciones unitarias involucradas y una ejecución consecutiva del proyecto. Se realizarán análisis fisicoquímicos de la cerveza, además de tener en cuenta los criterios que se requieren para el funcionamiento de sus equipos y del proceso como tal en general. De manera que se presentará clara la información que, durante el proceso de elaboración se explica mejor con ayuda de gráficas, tablas y anexos, con sus respectivos análisis, para un mejor entendimiento de lo que se desea transmitir con el presente proyecto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Establecer condiciones de operación del nuevo proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo APA en la microempresa DOPE D.C.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer las características de la cerveza elaborada en la sala de cocción de 25L.
2. Establecer condiciones de operación para el proceso de elaboración de cerveza, con una capacidad de 120L.
3. Evaluar las características de la cerveza que se produce en la sala de cocción de 120L, con respecto a las características de la cerveza ya establecidas para la sala de cocción de 25L.
4. Analizar los costos ocasionados en la elaboración de cerveza APA en una sala de cocción de 25 y 120L.

1. MARCO TEORICO

Este capítulo tiene como fin informar y educar al lector acerca del proceso de elaboración de cerveza artesanal. En general se buscará información documentada de distintas fuentes ya sean libros, artículos, tesis de grado o documentos en la web. Se tiene en cuenta todos los aspectos relacionados al proceso como generalidades, materia prima, operaciones unitarias etc. La contextualización es importante ya que le brindara al lector un entendimiento claro de toda la teoría necesaria para la realización del proyecto, la información seleccionada se plasma en este capítulo el cual relaciona toda la información presente en el marco teórico con respecto al proceso de elaboración de cerveza artesanal.

1.1 GENERALIDADES

Se tiene en cuenta términos generales acerca de lo que es una cerveza, tipos y aspectos que garantiza un producto de buena calidad y su proceso de obtención de una forma detallada.

¿Qué es la cerveza?

Se denomina cerveza a la “Bebida resultante de la fermentación alcohólica mediante levadura seleccionada, de mosto procedente de malta de cebada, solo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática, adicionado con lúpulo o sus derivados y sometidos a un proceso de cocción”¹¹, de sabor amargo y baja concentración alcohólica. Según referencias históricas: “La mención más antigua de la cerveza se halla en una escritura cuneiforme del año 2800 a.C, en la Mesopotamia, la cual describe la distribución de una ración diaria de cerveza y pan a los trabajadores. La fabricación y el despacho de la cerveza fueron reglamentados de forma precisa en el conjunto de leyes del rey babilónico Hammurabi (1728 a 1686 a.C)”¹².

Por otra parte la cerveza artesanal tiene su origen a finales de la década de los 70 en el Reino Unido, y fue utilizada para descubrir a una generación de pequeñas cervecerías que se enfocaban en la producción tradicional de cerveza ale”¹³. A nivel global, la industria de cerveza artesanal basa su producción en la Ley de la pureza alemana, que de acuerdo con la “Asociación de Cerveceros” dicta que para que una

¹¹ CALLEJA COLORADO, Jaime. Diseño de una planta de elaboración de cerveza artesanal para consumo directo. Microcervecería. Trabajo de grado Ingeniería Química. Cádiz.: Universidad de Cádiz. Facultad de Ingenierías. Departamento de Ingeniería Química, 2013. 11 p.

¹² KUNZE, Wolfgang. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlín, 2006. 21 p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

¹³ BROWN, Mike y WILMOTT, Brian. Brewed in Northants [en línea]. Boulder: Brewery History Society, 2010. Consultado el 27 de julio de 2018. Disponible en Internet: <https://www.brewersassociation.org/statistics/craft-brewer-defined/defidefined/defined/https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/consumer-business/2017/Cerveza-Artesanal-Mexico-2017.pdf>.

cerveza sea considerada como artesanal, tiene que estar compuesta únicamente por agua, malta de cebada, lúpulo y levadura. Del mismo modo se rige su producción total (por cervecería) a menos de 7 millones de barriles por año.

En general, se hace una distinción entre cervezas según sea su fermentación alta (ales) o bajas (lagers). Las primeras están elaboradas con levaduras de alta fermentación que brindan al producto final aromas y sabores frutados característicos y muy perceptibles¹⁴.

1.2 COMPOSICIÓN

Debido a sus materias primas y a su proceso de elaboración natural, la cerveza es una bebida que posee características nutricionales que le hacen sana y nutritiva.

En general “la cerveza contiene más de 2000 mil sustancias distintas, además de agua, alcohol, azúcares, sales minerales, dióxido de carbono. La mayoría de las sustancias que están disueltas proceden de las materias primas y llegan a la cerveza sin ser modificadas, aunque existen otras que se transforman totalmente durante los procesos de elaboración”¹⁵. Una cerveza común como se muestra en la Tabla 1, se compone de diferentes sustancias en diferentes concentraciones con referencia a un litro de cerveza.

Tabla 1. Composición química aproximada de una cerveza común.

COMPUESTOS	CONCENTRACIÓN
Agua	918/1000g
Etanol	40,3 g/kg -51,5 ml/L
Carbohidratos	33,8 g/L
Dióxido de carbono	5,15 g/kg
Proteína total (Aminoácidos)	4,2 g/L (1,2 g/L)
Glicerol, alcoholes, ésteres, ácidos orgánicos, aldehídos y cetonas	2100 mg/L
Minerales	1300 mg/L
Derivados del lúpulo	400 mg/L
Vitaminas (Vitamina B)	210 mg/L (42,5 mg/L)
Sustancias fenólicas	175 mg/L 5 mg/L
Anhídrido sulfuroso	5 mg/L

Fuente. MARTINEZ MUNOZ, Annabel. Análisis comparativos de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial. Trabajo de grado Ingeniería Química. Universidad de Lleida. Facultad de ingenierías. Departamento de Ingenierías, 2014. 19 p.

¹⁴ CALLEJA COLORADO, Jaime. Diseño de una planta de elaboración de cerveza artesanal para consumo directo. Microcerveceria. Trabajo de grado Ingeniería Química. Cádiz.: Universidad de Cádiz. Facultad de Ingenierías. Departamento de Ingeniería Química, 2013. 11 p.

¹⁵MARTINEZ MUNOZ, Annabel. Análisis comparativos de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial. Trabajo de grado Ingeniería Química. Universidad de Lleida. Facultad de ingenierías. Departamento de Ingenierías, 2014. 18 p.

1.3 TIPOS DE CERVEZA

Existen varias clases de cervezas artesanales, cada una de ellas con distintas particularidades, en el aroma, sabor, color y cuerpo; Si bien se sabe que los ingredientes con los que se fabrican son los mismos cebada malteada, lúpulo, agua y levadura, lo que establece la diferencia son las variaciones de esas materias primas y el tipo de fermentación experimentada.

En general existen varios estilos de cerveza artesanal, a ciencia cierta es difícil saber cuántos tipos existen en la actualidad. Sin embargo, se pueden dividir en dos categorías según la levadura utilizada y el proceso de fermentación, uno de los tipos de cerveza producidas es por fermentación alta y el otro producidas por fermentación baja.

- Fermentación alta: “la levadura de fermentación alta se caracteriza por conjuntos gemantes divaricados, que se deshacen recién luego de la fermentación. Estos conjuntos gemantes ligados entre sí son arrastrados hacia arriba por el dióxido de carbono de fermentación, de manera que la levadura se concentra en la superficie y puede ser cosechada allí.”¹⁶. Además, se caracteriza por fermentar en menos tiempo gracias a la disminución rápida del extracto de azúcar en esta etapa, a temperaturas de aproximadamente 20-23°C, con un elevado porcentaje de alcohol y muy aromáticas.
- Fermentación baja: “este proceso se realiza a bajas temperaturas (10 a 12°C), y en él la levadura se mantiene al fondo del estanque permitiendo que el lúpulo y la cebada malteada dominen el aroma y sabor del producto”¹⁷. La palabra *Lager* se deriva del vocablo alemán “lagem” que significa guarda o permanece en bodega y se refiere al largo periodo de reposo de la cerveza para una lenta fermentación.

1.4 MATERIAS PRIMAS

En general para el proceso de elaboración de cerveza artesanal se cuentan con materias primas de origen natural como agua, malta, lúpulo, levadura, azúcar. Se especifican todos los aspectos a tener en cuenta de cada una de ellas y se le realizan análisis en la recepción de la materia prima.

¹⁶ KUNZE, Wolfgang. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlín, 2006. 840p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

¹⁷ RODRIGUEZ CÁRDENAS, Héctor Alejandro. Determinación de parámetros Físico-Químicos para la caracterización de cerveza tipo Lager elaborada por compañía cervecera Kunstmann S.A. Trabajo de proyecto de grado de Licenciado en Ingeniería de Alimentos. Valdivia: Universidad Austral de Chile. Facultad de Licenciaturas, 2003,

1.4.1 Agua. El agua en el proceso de elaboración de cerveza es el ingrediente con mayor proporción, se dice que llega a ser más del 95% en peso de la cerveza, por tal motivo su influencia en la calidad del producto final es muy importante. Hay iones que influyen en su sabor o las características fisicoquímicas:

- Carbonato o Bicarbonato (CO_3^{2-} o HCO_3^-): en el proceso es utilizado carbonato de calcio, sal mineral que ayuda a modificar el valor en la dureza. “Expresada como alcalinidad total, la presencia o falta de bicarbonatos es considerado factor crucial del agua para cerveza. Demasiado contrarresta el proceso de acidificación del ion calcio resultando en pobres rendimientos de extracción del grano malteado; los niveles generalmente no deben ser superiores a 25 - 50 ppm (mg/L) para cervezas claras y 100 - 300 mg /L para cervezas oscuras”¹⁸.
- Sodio (Na^+): cloruro de Sodio es adicionado en determinada concentración, donde el ion Na^+ presente en la sal contribuye en darle cuerpo y carácter a la cerveza, si los niveles de sodio son altos podría generar una sensación en la boca de una bebida con sal de mar. Normalmente, niveles de sodio entre 10 - 70 mg/L se consideran aceptables, y niveles de más de 150 mg/L pueden potenciar el cuerpo malteado, en cualquier caso, por encima de 200mg/L son totalmente indeseables¹⁹.
- Cloruro (Cl^-): nombrando ya anteriormente la adición de NaCl al agua, esta vez la actuación de él ion cloruro, “Este ion resalta la dulzura de la malta y, como el sodio, contribuye a la sensación en boca y a la complejidad de la cerveza. Los niveles generales se encuentran en 1 - 100 mg/L en el agua adecuada para cerveza, pero deben mantenerse siempre bajo 150 mg/L para evitar sabores salados”²⁰.
- Sulfato (SO_4^{2-}): se encontró que después del calcio, este elemento presente en el agua ayuda a disminuir el pH, así que se adiciona Sulfato de Magnesio, pues “Este es el principal elemento del agua que influye sobre la cantidad de lúpulo porque resalta un amargor seco y agudo si los IBU´s son muy elevados. Para pilsners se recomiendan niveles por debajo de 10 mg/L, alrededor de 25 - 50 mg/L para la mayoría de las lagers claras y 30 - 70 mg/L para la mayoría de ales”²¹.

¹⁸ CALLEJA COLORADO, Jaime. Diseño de una planta de elaboración de cerveza artesanal para consumo directo. Microcerveceria. Trabajo de grado Ingeniería Química. Cádiz.: Universidad de Cádiz. Facultad de Ingenierías. Departamento de Ingeniería Química, 2013. 43 p.

¹⁹ El agua, características y uso en la fabricación de cerveza [en línea]. Argentina: Cerveza EMASESA, 2013-. [Fecha de consulta: 06 Agosto 2018]. Disponible en: <https://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>

²⁰ CALLEJA COLORADO. Op. cit, p. 43.

²¹ CALLEJA COLORADO, Jaime. Diseño de una planta de elaboración de cerveza artesanal para consumo directo. Microcerveceria. Trabajo de grado Ingeniería Química. Cádiz.: Universidad de Cádiz. Facultad de Ingenierías. Departamento de Ingeniería Química, 2013. 43 p.

- Calcio (Ca^{+2}): luego de haber reaccionado el ion carbonato, esta vez el que reacciona es el Ca^{+2} . Este es el elemento más importante de la “dureza permanente” en el agua para cerveza. Sirve para bajar el pH al rango óptimo de 5,2 - 5,5 y favorece la precipitación de proteínas durante el proceso de hervor. Un buen nivel para la mayoría de las ales y lager está generalmente cerca de los 50 - 100 mg/L. Demasiado crearía un sabor amargo áspero, especialmente en las lagers claras²².
- Magnesio (Mg^{+2}): al mismo tiempo que el ion sulfato entra en contacto con el agua, el ion de magnesio, “primeramente valorado como un nutriente para la levadura, pero la adición de magnesio es generalmente desaconsejada, especialmente cuando se elaboran lagers. Niveles superiores a 30 mg/L aportarían un amargor seco y astringente a su cerveza. Los niveles de las mejores aguas del mundo rondan entre los 20 - 30 mg/L”²³.
- Dureza del agua: la dureza del agua es un parámetro que se debe tener en cuenta pues es muy importante, ya que es uno de los más influyentes en el producto final. “La dureza del agua es la concentración de compuestos minerales como sales de magnesio y calcio en una determinada cantidad, según lo instaura la Organización Mundial de la Salud (OMS) la concentración de carbonato de CaCO_3 determina la dureza del agua²⁴. Dicho lo anterior la Tabla 2 representa la clasificación de la dureza del agua según la OMS.

Tabla 2. Clasificación de la dureza del agua por CaCO_3 según la OMS

CONCENTRACIÓN (mg/L)	TIPO DE AGUA
0 – 60	Blanda
61 – 120	Moderadamente dura
121 – 180	Dura
180	Muy dura

Fuente. FABRICAR CERVEZA. El agua, características y uso en la fabricación de cerveza. [En línea] 19 de 02 de 2013, <https://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>. [Consultado 29 de julio de 2018].

²² Ibid., p. 44.

²³ Ibid., p. 44.

²⁴ El agua, características y uso en la fabricación de cerveza[en línea]. Argentina: Cerveza EMASESA, 2013-. [Fecha de consulta: 06 Agosto 2018]. Disponible en: <https://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>

- pH del Agua.: el pH es uno de los factores más importantes, en este caso como característica del agua, llega a tener un efecto significativo en el producto final, además de ser una condición medible en varias etapas del proceso, este se define según Kunze como “La concentración de H⁺ en la solución, es expresada como potencia de diez. Dado que de ese modo resultarían números muy largos con hasta 14 decimales, se indica únicamente la potencia negativa de diez, expresándola como valor pH”²⁵.

La adición de sales al agua se hace con el fin de controlar parámetros deseados, en este caso carbonato de calcio puede influir en el valor del pH; además es de gran importancia ya que disociado en iones ayuda a dar otras características al agua. “El calcio es el ion capaz de superar la capacidad de amortiguación de los fosfatos de malta y reducir el pH de la mezcla en el rango aceptable de 5,2 a 5,5. Las concentraciones ideales de calcio deben estar entre 50 y 150 mg /L. Sin embargo, las concentraciones ideales de calcio deben equilibrarse con niveles bajos de carbonato o bicarbonato pues este tendrá un efecto contrario sobre el calcio. Los iones de carbonato y bicarbonato deben mantenerse a menos de 50 mg/L”²⁶.

1.4.2 Cebada

Alrededor del mundo, el cereal con mayor aceptación para hacer cerveza artesanal es la cebada, su nombre biológico “(*Hordeum vulgare*) suministra el almidón necesario para la fabricación de cerveza, el cual es transformado posteriormente en la sala de cocción en extracto fermentable. Es la materia prima principal para la fabricación de cerveza de tal manera que su utilización se basa en que tiene un alto contenido de almidón y que la cáscara (gluma) sigue adherida al grano aun después de la trilla y luego de haber sido procesada para ser transformada en la malta. La cáscara posee, además, la propiedad de formar una capa filtrante y previo a su procesamiento en la fábrica de cerveza, la cebada debe ser convertida en malta”²⁷. Es necesario producir cebadas que suministren maltas ricas en extractos, por medio del cultivo de variedades adecuadas como lo son:

- Cebada de verano de dos hileras.
- Cebada de invierno de dos hileras.

²⁵ KUNZE, Wolfgang. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlín, 2006. 83p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

²⁶ FRECCIA, Nico. The Power of pH [en línea]. Brew your own, The how-to homebrew beer magazine, 2017. Consultado el 31 de julio de 2018. Disponible en Internet: <https://byo.com/article/the-power-of-ph/>

²⁷ KUNZE, Wolfgang. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlín, 2006. 35p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

- Cebada de verano de seis hileras.
- Cebada de invierno de seis hileras.

El embrión, como parte fundamental del grano de cebada y bajo determinadas condiciones de temperatura y humedad, germina formando raíces y tallo. Su endospermo ocupa la mayor parte del volumen en el grano y constituye la reserva alimenticia de la planta, almidón en este caso y por esto será posteriormente la fuente de azúcares del mosto de cerveza.

Algunos alimentos son sometidos a un tratamiento térmico durante su procesado, este calentamiento lleva una serie de transformaciones involucradas que inciden en la aceptación del producto. Para entender el fundamento del oscurecimiento en alimentos, también conocido como “el pardeamiento no enzimático es el resultado de reacciones originadas por las condensaciones entre compuestos carbonilos y derivados de aminos; o por la degradación de compuestos con enlaces dobles conjugados a grupos carbonilo. Este proceso implica la presencia de carbohidratos en el alimento, ya sea sacarosa, glucosa libre u otros. Esta serie de reacciones conduce a la formación de polímeros oscuros que en algunos casos pueden ser deseables (aromas cárnicos sintéticos o color caramelo), pero que en la mayoría de casos conllevan a alteraciones organolépticas y pérdidas del valor nutritivo de los alimentos afectados²⁸. Son cuatro las rutas para pardeamiento no enzimático, y ellas cada una relacionada con la reacción de Maillard, estas son:

- **Reacción de Maillard:** es el resultado de productos reductores, primariamente azúcares, que reaccionan con proteínas o con grupos amino libres. Esta reacción cambia tanto las propiedades químicas como fisiológicas. En general la acumulación de pigmentos de color marrón indica que la reacción se ha producido en alimentos que contienen hidratos de carbono y proteínas²⁹.
- **Oxidación del ácido ascórbico:** el ácido ascórbico se vuelve café produciendo furfural y dióxido de carbono. Este color se favorece arriba de un pH de 7. El pardeamiento ocurre por degradación del ácido ascórbico a compuestos carbonilos altamente reactivos (3-desoxipentosa y 3,4-didesoxipentosa-3-eno) los cuales reaccionan con aminos para dar el color³⁰.
- **Peroxidación de lípidos:** reacción que se da gracias a la acción del oxígeno y las especies reactivas del oxígeno sobre los ácidos grasos, especialmente en los

²⁸ La guía definitiva de la malta [en línea]. España: Cerveza Artesana, 2014-. [Fecha de consulta: 05 Agosto 2018]. Disponible en: <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>

²⁹ LABORATORIOS FERRER, Actividad de agua en alimentos. Ficha Técnica. Pardeamiento no enzimático. Washington D.C.: Decagon Devices Inc, 2017. 2p.

³⁰ PASTORIZA DE LA CUEVA, Silvia. Efecto de la ingesta de compuestos avanzados de la reacción de maillard sobre el metabolismo gastrointestinal [en línea]. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 2013. [Consultado 10 de agosto 2018]. Disponible en: <https://hera.ugr.es/tesisugr/21915076.pdf>

ácidos grasos no saturados. Estos se oxidan para formar aldehídos y cetonas que entonces reaccionan con los aminoácidos para formar pigmentos pardos³¹.

- **Caramelización a alta temperatura:** es la reacción de pardeamiento de los azúcares que son calentados por encima de su punto de fusión en ausencia de proteínas y aminoácidos. Esta se ve favorecida por condiciones alcalinas o ácidas y se utiliza para la coloración comercial de los caramelos para obtener sabores³².

1.4.2.1 Tipos de malta. En general las maltas se dividen en cuatro familias, estas dependen de la duración, la temperatura y el nivel de humedad durante el horneado.

➤ **Maltas Base:** Son las maltas más claras de todas las que se utilizan para la elaboración de cerveza, debido a las bajas temperaturas, cortos tiempos de exposición y duración de horneado. El horneado a temperaturas bajas permite a las maltas retener la mayor parte de los azúcares potenciales, así como contener el mayor poder diastático de todas las maltas. Las maltas base contienen grandes cantidades de azúcares fermentables, a la vez que son capaces de transformar no solo sus propios almidones, sino también los de aquellas maltas con menor poder diastático. Algunas maltas conocidas son la Pilsner, Pale Ale, Munich o Vienna³³.

➤ **Maltas Caramelo:** Maltas que también reciben el nombre de Cristal según los ingleses, y Caramel según los americanos. Para conseguir un tipo de malta Caramel, la malta verde no se seca, si no que pasa directamente a un tostador al finalizar la germinación. En esta etapa los granos se calientan a una temperatura entre 65 a 70 °C, con la finalidad de activar las enzimas diastáticas. Estas enzimas a su vez, transforman los almidones en azúcares en un estado semi líquido contenido en el centro del grano. Posteriormente, los granos se tuestan a temperaturas de entre 100 y 160°C, en tono del color y el sabor que se desee³⁴.

➤ **Maltas Tostadas o Torrefacta:** Estas maltas se elaboran a partir de hornear maltas base totalmente secas, a temperaturas superiores a 170°C. Cuanto más alta es la temperatura más se incrementa la reacción de maillard en detrimento de la caramelización, dando a los granos colores oscuros, con sabores que recuerdan al

³¹ LABORATORIOS FERRER. Op. cit, p. 2. Efecto de la ingesta de compuestos avanzados de la reacción de maillard sobre el metabolismo gastrointestinal [en línea]. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 2013.

³² PASTORIZA DE LA CUEVA, Silvia. Efecto de la ingesta de compuestos avanzados de la reacción de maillard sobre el metabolismo gastrointestinal [en línea]. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 2013. 4p [Consultado 10 de agosto 2018]. Disponible en: <https://hera.ugr.es/tesisugr/21915076.pdf>

³³ La guía definitiva de la malta [en línea]. España: Cerveza Artesana, 2014-. [Fecha de consulta: 12 Agosto 2018]. Disponible en: <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>














³⁴ Ibid., 2p.

mismo tostado de nuez o galleta; Algunos ejemplos de este tipo de malta son brown, amber, aromatic³⁵.

➤ **Stouts y Porter:** “Para obtener estas maltas, inicialmente la malta verde se seca al horno a unos 70°C con niveles bajos de humedad. Una vez secados los granos, la temperatura se eleva entre 215 y 250°C. Aunque a esta temperatura, de hecho, los granos incluso pueden llegar a incendiarse”³⁶.

Teniendo en cuenta la forma que se clasifican las maltas por sus condiciones de operación en el horneado, también se tendrá en cuenta la clasificación de las misma según sus grados Lovibond, este sistema fue implementado por J.W. Lovibond, científico que creó el primer colorímetro que consistía en una serie de filminas coloreadas y graduadas, colores que se clasifican del más claro al más oscuro Ilustración 1, estas eran comparadas con la muestra de cerveza para así dar un valor aproximado. Además de la escala Lovibond existe la SMR y EBC.

Ilustración 1. Escala de colores medida en grados Lovibond (°L), SRM y EBC

SRM/Lovibond	Example	Beer color	EBC
2	Pale lager, Witbier, Pilsener, Berliner Weisse		4
3	Maibock, Blonde Ale		6
4	Weissbier		8
6	American Pale Ale, India Pale Ale		12
8	Weissbier, Saison		16
10	English Bitter, ESB		20
13	Biere de Garde, Double IPA		26
17	Dark lager, Vienna lager, Marzen, Amber Ale		33
20	Brown Ale, Bock, Dunkel, Dunkelweizen		39
24	Irish Dry Stout, Doppelbock, Porter		47
29	Stout		57
35	Foreign Stout, Baltic Porter		69
40+	Imperial Stout		79

Fuente: Tabla de color y amargor. [en línea]. México D.F: Cerveza casera, 2017-. [Fecha de consulta: 18 Agosto 2018]. Disponible en: <http://cervezacasera.com.mx/tabla-color-amargor/>

³⁵ La guía definitiva de la malta [en línea]. España: Cerveza Artesana, 2014-. [Fecha de consulta: 12 Agosto 2018]. Disponible en: <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>.

³⁶ Ibid.,. 2p.

1.4.3 Lúpulo. Uno de los componentes importantes en la elaboración de cerveza artesanal es el lúpulo, según la Ley de pureza Alemana de la Cerveza. Su nombre biológico (*Humulus lupulus* L) y según Kunze “Estas cepas contienen las resinas amargas y los aceites etéreos que le suministran a la cerveza los componentes amargantes y aromáticos. Formularlo de otra manera, los lúpulos son los estróbilos secos de la planta de lúpulo femenina, como también los productos fabricados a partir de aquellos, conteniendo estos productos solamente componentes del lúpulo”³⁷.

Para comprender la importancia del lúpulo en nuestro estilo de cerveza, se tienen en cuenta varios conceptos preliminares a la formulación de la cerveza. “En sí hay muchas variedades de lúpulos, pero generalmente se los divide en dos categorías generalmente amargor (Kettle Hops) y aroma (Finishing Hops) expuestos todos en él. Agregando diferentes tipos de lúpulo en distintos momentos del hervor se puede establecer un perfil de lúpulo más complejo, que da a la cerveza un balance de amargor, sabor y aroma”³⁸, estos 5 perfiles se describen a continuación:

- **First Wort Hopping:** es un proceso antiguo que consiste en agregar una gran cantidad de lúpulo para aromatizar, este se agrega en la olla de hervido y del mismo modo el mosto que proviene de la olla de macerado, este va llenando tiempo establecido, mientras el lúpulo remojado en el mosto libera sus aceites y resinas. Solo lúpulos de aromas con bajo valor de alfa-ácidos deberían utilizarse en FWH, y la cantidad no deberá ser menor al 30% de la cantidad total del lúpulo usado en el hervido.
- **Bittering:** el primer objetivo del uso de lúpulo es dar amargor. El lúpulo agregado se hierve 45 - 90 minutos para isomerizar los alfa-ácidos, el tiempo más común de hervido es una hora. Hay unas mejoras en la isomerización entre los 45 y 90 minutos (alrededor del 5%), pero solo una pequeña mejora en tiempos más largo (<1%)³⁹.
- **Flavoring:** al agregar el lúpulo a la mitad del hervor, se produce un compromiso entre la isomerización de los alfa-ácidos y la evaporación de los aromas, logrando sabores característicos. Este Agregado de lúpulo saborizante se realiza entre 40 - 20 minutos antes del final del hervor, siendo el tiempo más común a los 30 minutos. Generalmente se eligen variedades bajas en AA, aunque variedades altas como Columbus y Challenger tienen sabor agradable y son usados

³⁷ Fuente: KUNZE, Wolfgang. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlín, 2006. 55p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

³⁸ PALMER, Jhon. How to brew [en línea]. 1999. 40p [Consultado 15 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fabrications-Objets-Outils-Produits/bieres/53735499-How-to-brew-John-Palmer-Espanhol.pdf>

³⁹ PALMER, Jhon. How to brew [en línea]. 1999. 40p [Consultado 15 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fabrications-Objets-Outils-Produits/bieres/53735499-How-to-brew-John-Palmer-Espanhol.pdf>

comúnmente, a menudo en pequeñas cantidades (7,09 g - 14,17g) de diferentes variedades para crea un carácter más complejo⁴⁰.

- **Finishing o de Aroma:** cuando el lúpulo se agrega durante los minutos finales de hervido se pierden menos aceites aromáticos por evaporación, y se retiene más aromas a lúpulo. Se pueden usar una o más variedades de lúpulo. El agregado para aromatizar se realiza a los 15 minutos o menos antes del finalizar el hervor. Otro método como el Knockout (consiste en agregar de golpe el lúpulo al apagar el fuego y se deja 10 minutos antes de enfriar el mosto) y el Hopback (consiste en verter el mosto caliente en un recipiente de lúpulo fresco antes de comenzar el proceso de enfriado), son comúnmente usados, dejando un sabor grasoso evidente en la cerveza⁴¹.
- **Dry Hopping:** el lúpulo también puede agregarse al fermentador para aumentar el aroma en la cerveza terminada. La mejor forma de hacerlo es colocar el lúpulo en un fermentador secundario en la última parte del proceso fermentativo. Si se agrega cuando el fermento está todavía burbujeando activamente, la mayor parte del aroma desaparece arrastrado por el CO₂. Lo aconsejable es agregar generalmente 14,17 g por cada 18,93L⁴².

Las formas o presentaciones de lúpulo son las que muestra la Tabla 3.

Tabla 3. Tipos de presentación de lúpulo

Presentación	Observación
Pellets	Los gránulos de lúpulo son conos de lúpulo finamente pulverizados comprimidos en tabletas del tamaño de un guisante. Los gránulos de lúpulo regular son, en peso, 20 a 30% más fuertes que la misma variedad en forma suelta; Una libra de conos de lúpulo produce alrededor de 10 a 12 onzas de pellets. Los pellets concentrados, tal como se utilizan en la industria de la elaboración de cerveza, se procesan primero para eliminar el material no resinoso, reduciendo así el peso y el volumen. Los pellets estandarizados están hechos de mezclas de lúpulo para obtener un nivel de ácido alfa específico y consistente.

⁴⁰ Ibid., 41p.

⁴¹ Ibid., 41p.

⁴² Ibid., 41p.

Plugs	Los tapones de lúpulo son flores enteras que se han secado y comprimido en un tapón. Imparten un mejor aroma y sabor que los lúpulos de pellets. Los tapones de lúpulo tienen menos exposición al mosto en el área de superficie y, por lo tanto, son menos eficientes para generar amargor, es decir, se requiere más cantidad para impartir una cantidad igual de amargor en comparación con los pellets.
Entero	Flor seca y sin comprimir. Los lúpulos enteros también tienen menos exposición al mosto que los pellets y son menos eficientes en el amargor, por lo que se requieren más para impartir una cantidad igual de amargor en comparación con los pellets.

Fuente: Elaboración propia

1.4.4 Levadura. Dentro del tipo de levadura de cultivo destinada a la fabricación de cerveza artesanal. Se diferencian por haber numerosas cepas, en general se dividen en dos grandes grupos, levaduras de fermentación alta y baja, cada una de sus diferencias se tuvieron en cuenta en el numeral 1.3. Otra distinción en general es la presentación de levadura se diferencia por distintas características que se exponen a continuación:

- **Levadura Seca:** la levadura seca provee una cantidad de celdas de levaduras viables, que pueden almacenarse por periodos largos de tiempo, y pueden fabricarse rápidamente el día de la ejecución. Lo normal es usar uno o dos sobres de (7 - 14g) de levadura seca para una preparación de 19 litros, si es apropiadamente rehidratada, provee deficiente cantidad de celda de levaduras activas que aseguran una buena fermentación.
- **Levadura Líquida:** la levadura líquida suele venir en envases metalizados(foil), de 50 mL, y no contiene tantas celdas de levadura como los paquetes secos. Esta debe ser activada en un starter wort, para aumentar la cantidad de celdas a un nivel aceptable. En los últimos años, envases más grandes, de 175 ml (Wyeats Labs), y tubos ready to pitch (White Labs), contiene además la cantidad necesaria de celdas viables para fermentar un lote de 19 L.

2. ESTABLECER LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CERVEZA ELABORADA EN LA SALA DE COCCIÓN DE 25L

En este capítulo se tienen en cuenta todos los conocimientos previos a la elaboración de cerveza. Brevemente se hace un resumen detallado de los conceptos básicos relacionados, ya sea de materia prima, funcionamiento de cada una de las unidades de proceso o simplemente conocimiento relacionado que ayudará a llevar a la realización del proyecto por un buen camino.

La microcervecería Dope D.C en su proceso de elaboración de cerveza tipo “*American Pale Ale*”, tiene destinada una serie de materias primas, además de verse involucradas diferentes operaciones unitarias. De manera que con la puesta en marcha de la nueva cocina y del proyecto; se requiere determinar las características iniciales del producto que se desea reemplazar, para así poder llevar el escalado de producción en la microempresa con las características propias de estilo de cerveza ya formulada y estandarizada por Dope D.C.

Por tal motivo se toman muestras del antiguo producto y se realizan los respectivos análisis para determinar parámetros especiales de la cerveza según la guía mundial de cerveceros BJCP; estos son amargor, color, pH, porcentaje de alcohol, densidad original y final. El análisis de colorimetría se basa en los métodos de análisis químicos de la AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). Los resultados son tomados para realizar el análisis estadístico que nos ayuda a establecer cuáles son los aspectos de calidad final del antiguo producto, agrupando datos en cada uno de los aspectos a evaluar, y hallando su correspondiente media muestral.

2.1 ESTABLECER EL VALOR DE LA GRAVEDAD ORIGINAL

Durante el proceso de elaboración de cerveza artesanal el valor de la gravedad original se ve relacionado directamente con la concentración de azúcares presentes en el mosto antes y después de la fermentación de azúcares. Con el fin de hallar el valor de la gravedad original, los datos específicamente son recolectados al final de la etapa de enfriamiento del mosto cuando llega al bidón de fermentación.

Para determinar el valor de %brix en el mosto, valor necesario para determinar la densidad original es utilizado un instrumento óptico que trabaja bajo el principio de refracción (Refractómetro de mano Anpro Brix), el instrumento es el indicado para muestras, en este caso de mosto; sus valores van desde 0-32 % Brix, este logra medir la concentración de azúcares presentes en una solución.

Para hallar el valor de la densidad original, la Ecuación 1 ayuda a la conversión de grados Brix en el valor deseado.

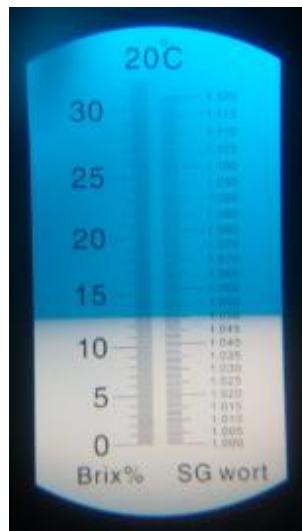
Ecuación 1. Ecuación para hallar la densidad a través de °Brix

$$DO : 999,996 + 3,85642(^{\circ}\text{Brix In}) + 0,013695(^{\circ}\text{Brix In}^2) + 0,00003739145(^{\circ}\text{Brix In}^3)$$

Fuente: Refractómetro. [en línea]. Revista MASH, 2005-. [Fecha de consulta: 22 Agosto 2018]. Disponible en: <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=150>

La muestra es tomada cuando el mosto abandona el tanque de hervor para pasar al fermentador, así como se logra observar en la Fotografía 1.

Fotografía 1. Imagen del valor de %Brix arrojado por el refractómetro, para ayuda del cálculo de la DO.



Fuente: elaboración propia

El resultado que arroja el refractómetro es de 13 °Brix lo cual representa 13g de azúcares(maltosa) presentes en 100mL de disolución; dicho valor es reemplazado en la Ecuación 1, para poder hallar la densidad original. La Ilustración.2 muestra el procedimiento adecuado para su cálculo y su valor.

Ilustración 2. Procedimiento para el cálculo de la Densidad Original DO

$$DO : 999,996 + 3,855642 * ^{\circ}\text{Brix} + 0,013695 * (^{\circ}\text{Brix}^2) + 0,00003739145 * (^{\circ}\text{Brix}^3)$$

$$DO : 999,996 + 3,855642 * 13 + 0,013695 * (13^2) + 0,00003739145 * (13^3)$$

$$DO : 999,996 + 50,123346 + 2,314455 + 0,08215$$

$$DO : 1052 \text{ Kg / m}^3$$

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al estilo a realizar en este caso una APA, los valores deseados según la guía BJCP 2015, se encuentra entre el rango de (1,045 – 1,060) OG. Como ya se logró establecer el valor de la DO el cual es necesaria determinar el valor de la OG, se reemplaza el valor de la densidad original en la Ecuación 2, el resultado arrojado al realizar el cálculo es 1,052.

Ecuación 2. Ecuación para determinar la OG

$$OG : \frac{\rho_o}{\rho_{H_2O}}$$

ρ_o : Densidad Original del Mosto.
 ρ_{H_2O} : Densidad del Agua.

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la guía mundial de jueces cerveceros. La cerveza realizada por Dope D.C la cual representa un estilo propio, pero con referencia a una American Pale Ale, se logra establecer dentro del rango establecido para la OG, con ello se tiene en cuenta el primer parámetro a reemplazar del producto y que además de ser un referente de calidad en el producto que se realiza.

2.2 ESTABLECER EL VALOR DE LA GRAVEDAD FINAL

Para determinar el valor de la gravedad final. Ésta en comparación con la inicial se determina tomando una muestra 200 mL en un elermeyer que proviene del bidón destinado como fermentador como se observa en la Fotografía 2, esta muestra además sirve de ayuda para mirar las cualidades del producto en esa etapa del proceso.

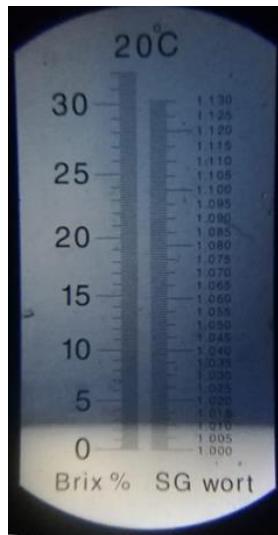
Fotografía 2. Toma de muestra para la Densidad Final.



Fuente: elaboración Propia

Se toman unas gotas de mosto del elermeyer, estas dejan caer sobre el lente del refractómetro. El valor que arroja el refractómetro es de aproximadamente 3%Brix Fotografía 3. Este en relación con el valor arrojado por el refractómetro en la toma de la muestra que ayudo a determinar la densidad original en relación con esta última, se observa una disminución de 10 g por cada 100mL lo que indica que se logró la fermentación de los azúcares disponibles para esta función,

Fotografía 3. Imagen del valor de %Brix arrojado por el refractómetro, para ayuda del cálculo de la FG.



Fuente: elaboración Propia

Al remplazar el valor que nos arrojó el refractómetro en la Ecuación 3, da un resultado de gravedad final de 1.011, parámetro importante en la cerveza y necesario para consolidar el estilo propio con referencia una APA.

Ecuación 3. Ecuación que facilita el cálculo de la Gravedad Final.

$$FG = \left(\frac{\text{°Brix}}{258,6 - \frac{\text{°Brix} * 227,1}{258,2}} \right) + 1$$

Fuente: Refractómetro 0 – 32%. [en línea]. Cocinista, 2019-. [Fecha de consulta: 24 agosto 2018]. Disponible en: <https://www.cocinista.es/web/es/refractometro-0-32--2863.html>

El resultado de 1,011 para una FG se relaciona con valores estándares de la guía BJCP del 2015 que se ajustan a un estilo APA estos valores son (1,010 – 1,015), el valor se encuentra dentro del rango establecido por la guía mundial para este estilo

americano, este parámetro además indica un buen proceso en la fermentación de azúcares que se encontraban presentes en el mosto.

2.3 DETERMINAR PORCENTAJE DE ALCOHOL EN VOLUMEN DE LA CERVEZA

En general para el negocio de la bebida alcohólica es importante informar al consumidor la cantidad de alcohol presente en la bebida, mundialmente se maneja la unidad de medida AVB, sus siglas en inglés indican Alcohol By Volume, a lo que refiere el número de mililitros de etanol puro presente en 100 mL de una solución a 20°C. Según la guía BJCP para el estilo American pale Ale el rango se encuentra entre 4,5 y 6,2%AVB.

Ecuación 4. Formula que ayuda para el calculo del %ABV.

$$\%AVB : (OG - FG) * 131$$

Fuente: Como medir el contenido de alcohol en la cerveza. [en línea]. BrewMaster, 2013-. [Fecha de consulta: 13 diciembre 2018]. Disponible en: <https://brewmasters.com.mx/como-medir-el-contenido-de-alcohol-en-la-cerveza/>

Para obtener el valor del %AVB de la cerveza, es necesario tener en cuenta parámetros anteriormente establecidos como la gravedad original y final del producto. Al reemplazar Estos valores en la Ecuación 4, arroja un valor de 5,37%AVB, si bien esta fórmula tiene cierto error, facilita un valor verídico de la cantidad de alcohol de nuestra cerveza.

Un factor importante que se debe considerar es la carbonatación o acondicionamiento en botella, debido a que se le adiciona 150g de azúcar, este genera un aumento del 0.25 - 0.35% de alcohol adicional. Por tal motivo el %AVB de nuestra cerveza es de 5,38%.

2.4 DETERMINAR EL PH DE LA CERVEZA

Para establecer el valor de pH de la cerveza APA, Dope D.C dispone de un pH metro HI98129, este es un medidor de pH EC/TDS y de temperatura, resistente al agua. Dicha medición, se realiza de manera directa, en este caso se toman nueve muestras del antiguo producto el cual se produce en cocciones de 25L, este producto ya terminado se encuentra almacenado en botellas de 354 cm³ de vidrio ámbar, lo cual se toma y se lleva una muestra 20 mL a un beaker, cantidad suficiente para cubrir el electrodo y generar una lectura confiable.

Los valores del pH de las nueve cervezas se muestran en la Tabla 4, la cual muestra la lectura de pH para cada una de las alícuotas, estos valores se toman exactamente de tres cervezas por cada uno de los tres lotes de 25L.

Tabla 4. Valores de pH para cada una de las muestras.

N° Muestra	Valor de pH
1	5,1
2	5,2
3	5
4	5,1
5	5,1
6	5
7	5,2
8	5,1
9	5,3

Fuente: elaboración propia

Para determinar el valor del pH de la cerveza estilo American Pale Ale elaborada en la microcerveceria Dope D.C. Es necesario determinar la media aritmética teniendo en cuenta los valores de la Tabla 4.

Estos datos nos arrojan un valor de una media aritmética ($\mu = 5,12$), esto representa un promedio del pH aproximado de cada una de las cervezas embazadas, lo cual nos dice que es un producto apto para el consumo teniendo un pH óptimo para este tipo de bebidas alcohólicas como lo es la cerveza artesanal.

2.5 ESTABLECER EL VALOR DEL AMARGOR EN LA CERVEZA

El valor aproximado de la concentración de agentes amargantes, cualidad fundamental en la cerveza que aparece durante el hervido del mosto, se determina a través del método empírico de Ray Daniels, procedimiento que se encuentra en el designing great beers, brewers publications 1996. Las unidades que se utilizan para determinar este valor en la cerveza según la Sociedad Americana de químicos cerveceros son los IBU (unidades internacionales de amargor), en algunas literaturas se dice que equivale a un miligramo de iso-alfa ácidos por litro de cerveza. De acuerdo al procedimiento según Daniels son necesarios datos que se utilizaron durante el proceso, como la presentación de los lúpulos, cantidades en peso, % ácidos alfa, volumen antes y después del hervor. Para el cálculo de los IBU de la cerveza se toma la Ecuación 5, la cual teniendo en cuenta datos ya tomados y otros que se esperan calcular según el método empírico de Ray Daniels. Para realizar el cálculo respectivo es de gran importancia los datos del factor de utilización y el factor de corrección.

Ecuación 5. Ecuación para la determinar los IBU de una cerveza.

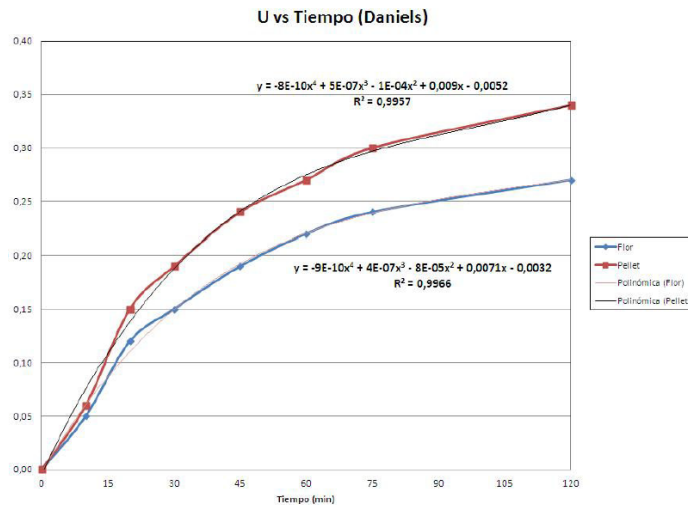
$$IBU : \Sigma W * U * AA * 1000 (V/F)$$

W : Peso del lupulo en gramos.
 U : Factor de utilizacion.
 AA : % Acido Alfa.
 F : Factor de correccion.
 V : Volumen despues del hervido en litros.

Fuente: Métodos de cálculo y análisis de funciones [en línea]. BrewMaster, 2013-. [Fecha de consulta: 13 diciembre 2018]. Disponible en: <https://brewmasters.com.mx/como-medir-el-contenido-de-alcohol-en-la-cerveza/>

Para determinar el valor del factor U de utilización, el cual representa la fracción de los α -ácidos que se isomerizan formando iso- α -ácidos. De acuerdo a que las adicciones de los lúpulos se realizan en tiempo diferentes durante el hervor, el porcentaje de isomerización de α - ácidos es bajo para algunos lúpulos que debido a su poco tiempo de sumersión en el mosto durante el hervor; no logran la transformación. Dicho esto, se toma las curvas que Daniels por mínimos cuadrados realiza gracias a datos agrupados del valor de U con respecto al tiempo de hervor Gráfica 1, y que además de considerar la presentación del lúpulo que se adiciona si es en flor o pellet.

Gráfica 1. Relación del factor de utilización (U), con respecto al tiempo de sumersión en el hervor.



CASTRO, Diego. IBUS´ Métodos de cálculo y análisis de funciones. Berlín: Filminas Van der Saar, 2013. 35p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

Para cada adición de lúpulo es necesario hallar el factor U, de acuerdo a la Ecuación 6 de la curva en este caso la roja la cual representa las adicciones en pellet, los lúpulos utilizados son Chinook y Cascade el ultimo agregándose en dos adicciones durante el hervor. Dicho esto, se toma la Ecuación 6 de la curva roja figura y para cada una de las adicciones se determina el factor U remplazando el valor del tiempo de adicción correspondiente, donde se encuentra ubicada la X y de esa forma hallar el factor U de utilización para cada una de las adicciones.

Ecuación 6. Ecuación de la curva roja la cual ayuda a determinar el valor factor de utilización.

$$y = -8 \text{ E-}10 X^4 + 5\text{E-}7 X^3 - 1\text{E-}4 X^2 + 0,009X - 0,0052$$

Chinook	Cascade	Cascade
t : 60 min.	t : 15 min.	t : 3min.
U : 0,27	U : 0,11	U : 0,02

Fuente: elaboración propia.

Ya determinado el valor del factor U para cada una de las adicciones, solo queda por establecer el valor de factor F de corrección, este corresponde a un valor determinado, dado por un rango comparativo del valor un estándar de densidad con un valor de 1050 con respecto a la D_{boil} , ya sea mayor o menor el resultado de la D_{boil} con respecto al valor estándar como se logra observar en la Ilustración 4.

Ilustración 3. Factor de prueba de Daniels mediante la densidad en el hervor.

$$\begin{aligned} &\text{Si } D_{boil} < 1050 ; F = 1 \\ &\text{Si } D_{boil} > 1050 ; F = 1 + \left[\frac{(D_{boil} - 1,05)}{1000} \right] \\ &\hspace{15em} \left[\frac{\hspace{1em}}{0,2} \right] \end{aligned}$$

$$D_{boil} = \left\{ \left[\left(\frac{D_0}{1000} - 1 \right) * (V / V_{pre\ boil}) \right] + 1 \right\} * 1000$$

Fuente: CASTRO, Diego. IBUS's Métodos de cálculo y análisis de funciones. Berlín: Filminas Van der Saar, 2013. 35p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

Al hallar el valor de la densidad en el hervor de 1043 kg/m³, el cual se halló remplazando datos que son utilizados o se tienen en cuenta durante el proceso, como el volumen antes y después de hervir el mosto con su respectiva densidad original. Ya que el resultado de la D_{boil} es menor al de 1050 kg/m³ se opta por tomar un valor de 1 para el factor F de corrección. Y así lograr establecer el valor de estos

dos factores, para así lograr remplazar su valor en la ecuación general para determinar los IBU de la cerveza.

Teniendo en cuenta que ya se hallaron todas las incógnitas de la ecuación, estos datos son remplazados cuidadosamente; el valor arrojado para el dato de los IBU es de 40,68 para la cerveza APA producida en Dope D.C, que de acuerdo a las estadísticas vitales de la guía BJCP del 2015 concuerda este valor con el deseado según el rango, el cual se maneja desde 30 – 50 IBU's.

2.6 DETERMINAR EL COLOR EN LA CERVEZA

El color es uno de los principales parámetros de calidad que se tienen en cuenta en una cerveza, por lo que es necesario considerar su valor para el producto elaborado en una sala de cocción de 25L, en escala EBC. Por esta razón se aplica una técnica o método de la A.O.A.C" Official Methods of Analysis, Color of Beer 955.20" (Anexo A), este análisis se lleva a cabo bajo el principio de espectrofotometría. De tal motivo es utilizado un espectrofotómetro Genesys 30.

Las muestras que se tienen en cuenta para la realización de este laboratorio son sacadas de nueve cervezas de tres lotes de 25L de APA producida en Dope D.C Fotografía 4, las muestras pasan previamente por un proceso de desgasificación, este se lleva a cabo con 24 horas anterioridad en un proceso de difusión simple, donde primero se genera un proceso de decarbonatación natural al trasladar el líquido de la botella a un vaso.

Fotografía 4. Cervezas destinadas para toma de pruebas de colorimetría por refracción.

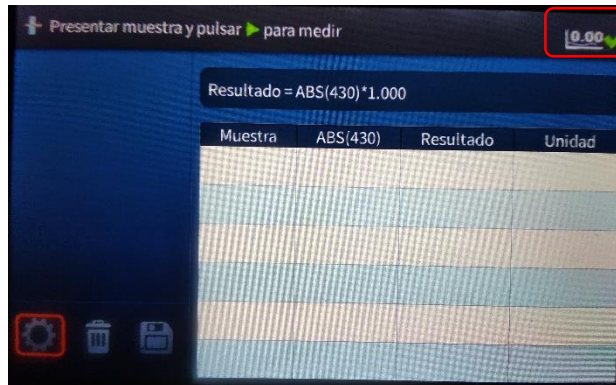


Fuente: Elaboración propia.

Después de estar desgasificada la muestra se lleva a tubos de ensayo, se marcan cada uno de acuerdo a los lotes de donde proviene la muestra. Seguido la configuración del refractómetro Genesys 30, donde se establece un valor de longitud de onda a 430nm como muestra la Fotografía 5.

Para comenzar a realizar el muestreo es prioridad configurar el valor del 0, en este caso la muestra tomada es agua desionizada, se introduce y posteriormente nos arroja un valor de 0, Fotografía 5; después de haber realizado este procedimiento con el refractómetro se procede a ejecutar los análisis a las respectivas muestras.

Fotografía 5. Imagen representativa de la configuración del blanco.



Fuente: Elaboración propia

Se analizan las nueve muestras de cada uno de los tres lotes de 25L, los valores de absorbancia son los que expone la tabla 5.

Tabla 5. Valores de absorbancia para cada una de las muestras a 430nm.

Nº Muestra	Absorbancia
1	0,62
2	0,63
3	0,63
4	0,64
5	0,63
6	0,61
7	0,64
8	0,62
9	0,65

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de pH para cada una de las muestras es un valor aproximado al deseado ya que el pHmetro no es exacto se puede considerar que los valores son óptimos; los resultados que están sobre 0,64 y 0,65 pueden ser que las muestras presentan cierta contaminación o presencia de levadura. Al hallar su media aritmética, la cual corresponde a un valor de ($\mu = 0,611$), este valor hace referencia al promedio de los

datos de absorbancia tomados vía laboratorio, para establecer el color para el estilo propio de una American Pale Ale en Dope D.C.

Ilustración 4. Escala de colores de la cerveza en unidades EBC según la Mebak.

EBC	Ejemplo	Color de la cerveza
4	Pale Lager, Witbier, Pilsener, Berliner Weisse	
6	Maibock, Blonde Ale	
8	Weißbier	
12	American Pale Ale, India Pale Ale	
16	Weißbier, Saison	
20	English Bitter, Extra Special Bitter	
26	Biere de Garde, Double IPA	
33	Dunkles Lager, Märzen, Amber Ale	
39	Brown Ale, Bock, Dunkelbier, Dunkelweizen	
47	Irish Dry Stout, Doppelbock, Porter	
57	Stout	
69	Foreign Stout, Baltic Porter	
79	Imperial Stout	

Fuente: Análisis de colorimetría para una cerveza [en línea]. Mebak, 2014-. [Fecha de consulta: 17 diciembre 2018]. Disponible en: <https://docplayer.es/amp/73535231-Manual-metodos-de-analisis-para-la-industria-cervecera-ebc-mebak-spectroquant-prove.html>

De acuerdo con el procedimiento para determinar el color según MEBAK, para el estilo American Pale Ale el valor del color debe estar entre un rango de (12 -16). Se logra establece el valor del color de la cerveza de Dope D.C, y de acuerdo a lo mencionado es necesario tener en cuenta el valor de la absorbancia promedio, la cual se determinó vía laboratorio y equivale a $\mu = 0,611$; este valor se tiene en cuenta para remplazar en la Ecuación 7, este nos arroja un valor de 15,27 EBC (European Brewery Convection). Este valor de color de la cerveza se ajusta al rango de la MEBAK para el estilo APA, y el cual para Dope D.C es el deseado.

Ecuación 7. Ecuación que determina el color de la cerveza en escala EBC.

$$\text{Absorbancia de la cerviza a } 430\text{nm} * 25 = \text{Color en unidades de EBC}$$

Fuente: Análisis de colorimetría para una cerveza [en línea]. Mebak, 2014-. [Fecha de consulta: 17 diciembre 2018]. Disponible en: <https://docplayer.es/amp/73535231-Manual-metodos-de-analisis-para-la-industria-cervecera-ebc-mebak-spectroquant-prove.html>

En general en este capítulo se establecen parámetros referentes al producto que se elabora por parte de la microcervecera Dope D.C. Estos atributos de la cerveza como la densidad original y final, % ABV, pH, color y amargor, son tenidos y cuentan como parte importante para mantener una percepción de buena calidad en el producto por parte del consumidor, además de que estos resultados se ajustan a los valores establecidos por la guía mundial de cerveceros BJCP del año 2015.

3. ESTABLECER CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA, CON UNA CAPACIDAD DE 120L

Para establecer las condiciones de operación del proceso de elaboración de cerveza estilo “APA”, en una sala de cocción con una capacidad de 120L por lote, es necesario un plan de actividades detalladas para el cumplimiento del objetivo específico. Por este motivo se tiene en cuenta la cantidad de materia prima requerida; ya que el volumen de producción no es el mismo, se requiere hacer el escalado de producción y con ello un análisis de parámetros referentes a los aspectos de calidad. Además, para el proceso en general, se realiza el diagrama PFD, balance de masa global y en cada etapa, cálculos de gestión energética y condiciones de funcionamiento en cada una de las operaciones unitarias más importantes involucradas en el proceso.

3.1 GENERALIDADES DE LA MATERIA PRIMA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ESTILO APA

Las materias primas requeridas en el nuevo proceso de producción de cerveza artesanal tipo APA son: Cebada malteada, lúpulo, levadura y agua. En el caso de la cebada malteada se utilizan diferentes estilos en diversas concentraciones, como malta base se utiliza pale ale de la Patagonia, cara-munich y cara-aroma como maltas secundarias; en el caso del lúpulo se utiliza cascade y chinnok; luego para el proceso de fermentación se utiliza levadura seca para sembrar fermentis Safe-Ale 05, además de utilizar agua que es suministrada por la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá.

3.1.1 Agua. En general durante todo el proceso es utilizada el agua, como un factor clave en la producción de cerveza artesanal en la microempresa Dope D.C, no solo como ingrediente principal de la malta, si no como agente de limpieza y además cumple la función de fluido de servicio en el intercambio de calor de enfriado del mosto a través del Wort Chiller de placas.

Se entiende como un factor importante en la elaboración de cerveza, el agua debe cumplir con ciertos estándares de calidad y debe ser apta para el consumo humano, para ello a través del Decreto número 1575 de 2007 del Ministerio de la Protección Social el cual establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, en él se encuentra la resolución 2115 de 2007 y la 12186 de 1991; la primera señala características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, en la segunda fijan las condiciones para los procesos de obtención, envasado y comercialización de agua potable tratada con destino al consumo humano.

El agua que se utiliza durante el proceso es suministrada por el acueducto y alcantarillado de Bogotá; el sistema Chingaza a través de la PTAP Francisco Weisner encargada de abastecer la localidad de Barrios Unidos, donde según las

resoluciones 2115 y la 12186 que se basan en parámetros establecidos por la OMS (Organización Mundial de la Salud) que determina las sustancias permitidas presentes en el agua potable destinada al consumo humano, como se muestra en la tabla 2 un listado de las sustancias químicas que se tienen en cuenta gracias a sus características que pueden causar sabores, olores o colores indeseables; a menos que se encuentren en límites concentraciones controladas, además de sustancias peligrosas no permitidas.

Tabla 6. Análisis de las características del agua potable presente en la red de distribución para el barrio José Joaquín Vargas y su reglamentación.

Concentración en el agua		Análisis del agua presente en la Red de Distribución	Límites Permisibles
Substancia o parámetro	Unidades	Resultados	Resultados
Cloruros	mg/L Cl-	5,840833333	250
Coliformes Totales	UFC/100 cm ³	0	0
Color Aparente	UPC	3,5	15
Dureza Total	mg/L	20,425	300
<i>Ecolí</i>	UFC/100 cm ³	0	0
Cloro Residual	mg/L	1,54	0,3 - 0,2
Conductividad	us/cm a 25 C	49,33	1000
pH	1 a 14	6.73	6,5 - 9,0
Sulfatos	mg/L SO ₄	10	250
Turbiedad	UNT	0,58	2

Fuente. Elaboración propia

Además de exponer valores permitidos y características fisicoquímicas del agua para consumo humano según entidades reglamentarias como muestra la segunda columna de la Tabla 6; muestra una primera columna comparativa mostrando los mismos parámetros que tuvimos en cuenta anteriormente, estos son valores reales del agua que suministra la PTAP Francisco Weisner para la ciudad de Bogotá. Al establecer estos valores se toma un promedio de cada dato suministrado, de análisis realizados por la Secretaria Distrital de Salud y el Hospital de Bosa Pablo VI durante los meses del año 2017 para el agua de consumo humano como se muestra en el (Anexo B).

Al agua como ingrediente de la cerveza tiene un pretratamiento, aspectos como los iones presentes en el agua que son responsables de aportar características finales a la cerveza, son controlados o eliminados según características que requieren en el producto.

En esta parte del proceso se le añaden las siguientes sales minerales en diferentes concentraciones.

- Carbonato de Calcio (CaCO₃)
- Sulfato de Magnesio (MgSO₄)
- Cloruro de Sodio (NaCl)

3.1.2 Malta. Dope D.C para la elaboración de estilo de cerveza tipo APA utiliza tres estilos de malta; como base, malta Pale Ale de la Patagonia (6,4 EBC), adicionalmente maltas Caramel Aromatic (50 EBC) y Caramel Munich I (90 EBC) Bestmalz. No solamente se tiene en cuenta el color en el mosto, sino también se tienen en cuenta parámetros como %Humedad, %Extracción, pH y potencia diastática; y demás parámetros. A la malta seleccionada para el proceso. Se le aplican métodos en la recepción de la cebada malteada utilizada como materia prima, estos son importantes hoy en día para el control de calidad, es decir evaluación de la cebada según criterios externos. Se realizan análisis de control de calidad manual y ensayos técnico/químicos, además de evaluar parámetros que se encuentran en cada una de las fichas técnicas proporcionadas por el proveedor.

Se elabora un análisis sensorial a la malta, para observar la calidad de la malta del proveedor y que se involucra en el proceso, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- **Análisis de Aromas y Sabores:** para determinar las características en cuanto a su aroma y sabor, se toma la herramienta (Malt Aroma Wheel), esta herramienta fue desarrollada empíricamente a través de un análisis sensorial basado en las siguientes categorías como muestra la Figura 2. Desarrollada por Weyermann® Malting Company de Bamber y la cual ayuda a los cerveceros en la selección de la malta según características del sabor y aroma, para el producto final.

Tabla 7. Categorías de aromas y sabores (Malt Aroma Wheel), método empírico para la evaluación sensorial de la malta de Weyermann® Malting Company.

Aromas tostados:	Café, Cacao, Chocolate oscuro, Almendras tostadas, Frutas secas, Corteza del pan
Ahumado:	Humo de leña (haya, roble), Clavo
Aroma de frutas y nueces:	Almendra, Avellanas, Pasas, Vainilla
Aromas de malta:	Miel, Galletas, Mermelada, Dulce de malta
Aromas de caramelo:	Caramelo, Caramelo claro, Caramelo oscuro
Sabor:	Ácido, Amargo, Dulce, Salado

Fuente. Malt Aroma Wheel. [en línea]. Bamberg: Weyermann® Malting Company, 2017-. [Fecha de consulta: 19 Agosto 2018]. Disponible en: https://www.weyermann.de/esp/gelbe_seiten_esp.asp?go=mr&umenu=yes&idmenu=95&sprache=5

- **Análisis Físico:** un aspecto agradable y de buena apariencia es importante en el grano ya que dará como resultado un excelente producto, por tal motivo en la recepción se tendrán en cuenta parámetros como lo muestra la Tabla 8, se tomará una muestra de 100 granos y se analizarán con respecto a los criterios establecidos, este ejercicio será realizado por dos personas.

Tabla 8. Aspectos físicos de la Malta a evaluar.

Parámetros a evaluar	Aspecto	
	Positivo	Negativo
Color y Brillo	El aspecto debe ser de un color amarillo claro como la paja, debe brillar.	Los granos verdes indican una cosecha demasiado temprana. Las cebadas que sufrieron daños por la lluvia tienen un aspecto gris y mate. Las puntas marrones pueden ser una característica de variedad, pero por lo general son causadas por cosechas húmedas.
Grano Rojo	No hay granos rojos	Los granos rojos (endospermos coloreados) indican una infección masiva de fusarium. En esta malta existe un gran peligro de formación de gushing en la cerveza. No son buenas para el malteado
Propiedades de la Cascara	La cascara debe ser finamente arrugada. Indica que se trata de una cebada rica en extractos.	Los granos que no han madurado lo suficiente poseen a menudo cascaras gruesas y lisas. Las cascaras gruesas contienen más taninos y compuestos amargos.
Integridad de granos	No deben tener ningún tipo de afectación en la superficie.	Los granos lastimados causan dificultades tecnológicas y biológicas en el procesamiento y deben ser separados, las lastimaduras son causadas principalmente durante la trilla y por plagas de animales.
Forma y tamaño de los granos	Los granos deben ser grandes, llenos y redondos; tales granos de cebada son, por lo general, más ricos en extractos y pobres en proteínas, además de buscar uniformidad en los mismos	Los granos finos y delgados al contrario de los gruesos son ricos en proteínas y pobres en extractos.

Fuente. KUNZE, Wolfgang. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlín, 2006. 51p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

- **Análisis de Humedad:** para determinar el contenido de humedad de la malta destinada para el proceso, se toman muestras en la recepción de la materia prima. Seguido dichas muestras son llevadas al laboratorio y analizadas, el equipo utilizado es un OHAUS MB23 Ilustración 5, la malta destinada es triturada con anterioridad.

Ilustración 5. Determinador de humedad OHAUS MB23.



Fuente: Elaboración propia

3.1.2.1 Malta Pale Ale de la Patagonia. Como malta base Dope D.C tiene destinada para el proceso, malta Pale Ale de la Patagonia, producida a partir de cebada de dos hileras, requerida en el proceso de elaboración de cerveza estilo APA en la microcervecería Dope D.C, en su recepción se tendrán en cuenta una serie de parámetros a evaluar como lo es el aroma, sabor, humedad y aspectos físicos cada uno de ellos con su respectivo análisis comparativo, con el fin de evaluar la calidad de la malta de nuestro proceso.

Fotografía 6. Imagen de la malta pale ale.



Fuente: Elaboración propia.

Para considerar un buen producto Dope D.C tiene en cuenta certificados de calidad los cuales son suministrados por PATAGONIAMALT al lote correspondiente, en la Fotografía 6, en ellos se observan los análisis físico-químicos presentes en este certificado y lo cuales son tenidos en cuenta durante esta etapa de recepción del proceso (Anexo C).

Tabla 9. Datos fisicoquímicos para la malta pale ale.

Análisis	Unidad de Medición	Resultados de Análisis
Lote	--	174732002021
Humedad	%	4,9
Color	°EBC	6,4
Extracto fino s.s.	%	80,1
Proteína	%	12,5
Kolbach	%	46,4
FAN	mg/l	226
pH	--	5,76
Viscosidad	Cp	1,49
Friabilidad	%	81,4
28 + 25 mm	%	96,8
<2.2 mm	%	0,8

Fuente: Distrines. Insumos de Cerveza [en línea]. PatagoniaMalt, 2017-. [Fecha de consulta: 30 de octubre 2018]. Disponible en: <http://distrines.com/maltas/27/malta-pale-ale>.

En general se tienen en cuenta todos estos criterios en la recepción ya que lo deseado es generar un producto final de alta calidad. Una buena materia prima es uno de los factores más importantes que nos garantiza esto, además de ir ligado a una buena percepción en el mercado local por parte de nuestro producto.

- **Análisis de Aromas y Sabor:** para ayuda del análisis se toma la herramienta Malt Aroma Wheel de Weyermann® donde las características en el círculo cromático para la malta Pale Ale según su aroma y sabor son los que muestra la Ilustración 6; en el caso de los aromas, sobresalen el de galletas seguido del de corteza de pan, y por último y más característico el dulce de malta, en cuanto a su sabor genera una sensación dulce característico en la boca. Lo que garantiza que en el mosto prevalezcan sabores a malta dulce deseados y así favorecer el sabor en el producto final.

Ilustración 6. Malt Aroma Wheel "Pale Ale" Whole Kernel.



Fuente.Malt Aroma Wheel. [en línea]. Bamberg: Weyermann®Malting Company, 2017-. [Fecha de consulta: 19 Agosto 2018]. Disponible en: https://www.weyermann.de/esp/gelbe_seiten_esp.asp?go=mr&umenu=yes&idmenu=95&sprache=5

- **Análisis de humedad:** para determinar el contenido de humedad real de la malta Pale Ale de la Patagonia que se tiene en cuenta como materia prima para la elaboración de cerveza, dicho valor arroja %H. Se tritura la malta, para que el dato sea confiable, el tamaño de partícula debe ser el deseado, partículas finas de forma de migajas como muestras la Fotografía 7.

Fotografía 7. Imagen de malta triturada.



Fuente: Elaboración propia

Después de tener la muestra de malta en un polvo muy fino, se decide colocar la muestra en la bandeja de muestreo, y se procede a analizar el contenido en porcentaje de forma automática. El dato que arroja el equipo es de 13% como muestra la Fotografía 8, este valor se compara con el dato del % humedad del certificado de calidad suministrado por parte de Patagonia Malt y se observa un

aumento en el porcentaje de humedad, esto puede haber sido ocasionado por mal almacenamiento por parte de Dope D.C

Fotografía 8. Imagen del valor de la humedad arrojado por el MB23 para la malta pale ale.



Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis Físico:** esta prueba se hace de forma visual, sobre una superficie blanca con luz que proporciona mayor visibilidad en el proceso, se toman 100 granos y se analizan detalladamente cada uno de ellos, teniendo en cuenta los criterios establecidos en la Tabla 10. Se cuentan los números de imperfecciones presentes en cada grano.

Tabla 10. Datos experimentales de aspectos físicos.

Parámetros a evaluar	Datos Experimentales	
	Número de positivos	Número de negativos
Color y Brillo	94	6
Grano Rojo	98	2
Propiedades de la Cáscara	90	10
Integridad de granos	92	8
Forma y tamaño de los granos	99	1

Fuente: Elaboración propia

Según Resultados expuestos en la Tabla 10, y luego de realizar una relación porcentual de granos adecuados y no adecuados del análisis físico en la recepción de la malta pale ale lo que se logra observar en general es que los granos no sufren

daños físicos significativos, el daño más representativo es en la cascara la cual se ve quebrada figura, esto representa una mala acentuación del grano en el filtrado natural cuando se realiza la recirculación del mosto en el macerado, dejando fluir menos cantidad.

3.1.2.2 Malta Cara-Aroma. La Caramel Aromatic de Bestmalz® le da a la cerveza un sabor cada vez más fuerte, maltoso y a caramelo, así como un color oscuro correspondiente que se muestra en la Fotografía 9. Su respectivo certificado de calidad se observa en el (Anexo D).

Fotografía 9. Imagen de malta Cara- aroma.



Fuente: Elaboración propia.

La malta tiene excelentes propiedades de procesamiento que componen al grano en gran porcentaje. También tienen un impacto importante en la espuma para el producto final deseado en este caso un estilo APA y su perfil sensorial. Además de tener en cuenta de más parámetros fisicoquímicos, los cuales se encuentran en la Tabla 11, dándonos a conocer los parámetros importantes a tener en cuenta a la hora de escoger la malta requerida para el proceso.

Tabla 11. Datos fisicoquímicos para la malta cara aroma.

Term		Analysis
Moisture content	%	3,5
Extract fine grind, dry basis	%	77,7
Protein, dry basis	%	10,3
Wort colour	EBC	50
Wort	pH	5,4
Crop		2017

Fuente. Distrines. Insumos de Cerveza [en línea]. Bestmalz, 2019-. [Fecha de consulta: 30 de noviembre 2018]. Disponible en: <http://distrines.com/maltas/13/malta-caramel-aromatic>

Otro factor importante a la hora de seleccionar la malta es el valor del pH en el macerado, ya que este factor nos favorece a regular su valor en el mosto, para poder así llegar a garantizar las condiciones necesarias para que la actividad enzimática logre degradar azúcares de gran tamaño en azúcares fermentables.

- **Análisis de Aromas y Sabores:** para la cara-aroma según como se observa en la Ilustración 7 se caracteriza por sus aromas tostados (corteza de pan, almendras tostadas, chocolate oscuro y cacao). También sobresalen otros como el de dulce de malta y pasas también relevantes. Su sabor más característico es el amargo, logrando también un sabor ácido en menor proporción.

Ilustración 7. Malt Aroma Wheel “Cara-Aroma” Whole Kernel.



Fuente. Malt Aroma Wheel. [en línea]. Bamberg: Weyermann®Malting Company, 2017-. [Fecha de consulta: 19 Agosto 2018]. Disponible en: https://www.weyermann.de/esp/gelbe_seiten_esp.asp?go=mr&umenu=yes&idmenu=95&sprache=5

En cuanto a la percepción del aroma de la malta Cara-aroma por parte del analista es semejante con los valores que refleja el círculo cromático, en cuanto al sabor se prueban varios granos y la sensación en la boca es de una malta ácida y con un toque de amargor que genera el sabor deseado en la cerveza para este estilo a realizar.

- **Análisis de humedad:** tratándose esta vez de malta cara-aroma, se toman 10g de muestra pesados con anterioridad. Posterior se hacen pasar por el molino para disminuir el tamaño de partícula y así poder hacer el análisis de forma correcta.

Ilustración 8. Dato del %H para la malta cara aroma.



Fuente: Elaboración propia.

Faltando el valor de la humedad en el certificado generado por Bestmalz para el lote de cara-aroma 7462; además de ser un factor importante a la hora de tener en cuenta para la realización de la cerveza APA. Según Ricardo Bartosik técnico del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), ⁴³la humedad es un factor limitante tanto como para asegurar la calidad como para determinar el tiempo de almacenamiento, explico Bartosik. Para ello, será fundamental conocer el porcentaje de humedad que contiene cada grano; los parámetros óptimos son 14% trigo, 12% cebada, y 8% colza.

De acuerdo con el valor dado de contenido de humedad del grano podría decirse que el valor se encuentra por debajo del rango, la disminución en dicho contenido se debe al almacenamiento por parte de Dope D.C en lugares muy frescos a temperaturas superiores al ambiente.

- **Análisis Físico:** aclarando la idea que se nombró anteriormente donde cada variedad de malta, tiene su estructura y apariencia característica. Se realiza el análisis físico partiendo de los criterios establecidos en la Tabla 12.

Tabla 12. Datos del análisis físico-visual para la malta cara-aroma.

Parámetros a evaluar	Datos Experimentales	
	Número de positivos	Número de negativos
Color y Brillo	98	2
Grano Rojo	98	2
Propiedades de la Cáscara	89	11
Integridad de granos	91	9
Forma y tamaño de los granos	95	5

Fuente: Elaboración Propia

⁴³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Sitio Web. Buenos Aires. INTA. [Consulta: 25 mayo 2019]. Disponible en: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=20217>.

Según la representación de los datos de la Tabla 12, muestra que la integridad del grano y propiedades de la cascara son de los daños más representativos con 91% y 89% respectivamente, lo cual se considera normal ya que es una malta con alto tiempo en el proceso de horneado en el malteado siendo así una malta más tostada y frágil al tacto.

3.1.2.3 Malta Caramel Munich. Caramel Munich de Bestmalz® Figura, es la más pálida de las maltas cara-munich. Cuanto más fuerte es el color más cambia el sabor a malta, puede ser utilizada para producir ricos sabores oscuros, incluso constituye una proporción en cantidad baja en cuanto a la malta total utilizada en la receta. Su certificado de calidad se muestra en el (Anexo E).

Fotografía 10. Imagen de la Malta Cara-Múnich.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a parámetros de la malta relacionados con la calidad tanto en el producto terminado como en la materia prima, se toman en cuenta parámetros relacionados con un buen producto, la Tabla 13 muestra los análisis realizados a la malta para el lote adquirido por Dope D.C

Tabla 13. Parámetros fisicoquímicos para la malta Cara-Múnich

Term		Analysis
Moisture content	%	3
Extract fine grind, dry basis	%	77,8
Protein, dry basis	%	10,00
Wort colour	EBC	90,0
Wort	pH	5
Crop		2016

Fuente: Distrines. Insumos de Cerveza [en línea]. Bestmalz, 2019-. [Fecha de consulta: 1 de diciembre 2018]. Disponible en: <http://distrines.com/maltas/14/malta-caramel-munich-i>

De acuerdo con estos datos se logra ver que el pH y el color del grano influye positivamente en el producto final adaptándose a las condiciones que se requiere para realizar el estilo APA.

- **Análisis sensorial:** se conoce que el estilo de malta cara-Múnich, por su proceso caramelizarían, genera una sensación en cuanto al aroma y al gusto diferente a otras maltas.

Ilustración 9. Malt Aroma Wheel “Cara-Munich” Whole Kernel.



Fuente: Malt Aroma Wheel. [en línea]. Bamberg: Weyermann® Malting Company, 2017-. [Fecha de consulta: 19 Agosto 2018]. Disponible en: https://www.weyermann.de/esp/gelbe_seiten_esp.asp?go=m&r&umenu=yes&idmenu=95&sprache=5

Predominando entre sus aromas el caramelo y caramelo oscuro, seguido de aromas tostados como frutas secas y corteza de pan y otros como el de las pasas y dulce de malta como se observa en la Ilustración 9. Los sabores ácidos y un poco dulce son los que se favorecen en el grano.

- **Análisis de humedad:** de acuerdo a las condiciones en el pre tratamiento de malteado de la cebada, se sabe por su proceso, este estilo de malta tiene un valor en el contenido de la humedad diferente a las demás. Se utiliza el mismo método para determinar el contenido de humedad mediante el equipo MB23. Esta vez se toman 3,78 gr se llevan a la bandeja.

Fotografía 11. Imagen del %H para la malta cara-Múnich



Fuente: Elaboración propia.

El tiempo requerido para el estilo cara-crystal es mayor al de las demás maltas tomándose 4 minutos de más aproximadamente para determinar su contenido de humedad. Este valor lo que indica que hasta no tener los 14:02s no se detecta perdida de menos de 1mg en 60 s.

- **Análisis Físico:** el conteo se lleva a cabo con malta cara-Múnich, la cual por variedad cambia aspecto en cuanto a su apariencia, por tal motivo la inspección es más detallada, sus datos se observan en la Tabla 14.

Tabla 14. Datos del análisis físico-visual para la malta Cara-Múnich.

Parámetros a evaluar	Datos Experimentales	
	Número de positivos	Número de negativos
Color y Brillo	100	0
Grano Rojo	99	1
Propiedades de la Cáscara	98	2
Integridad de granos	97	3
Forma y tamaño de los granos	98	2

Fuente: Elaboración propia.

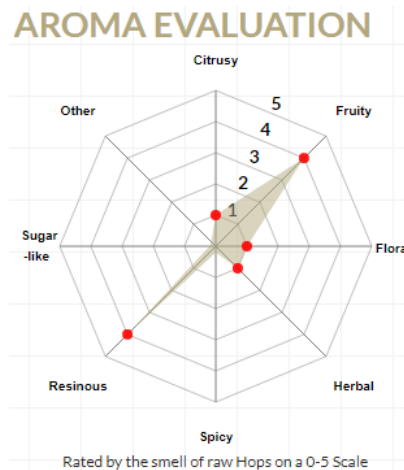
Para este estilo de malta se tiene una inspección más detallada del grano, en este estilo de malta los daños no son significativos y los cual contribuirá a una buena cocción con las características deseadas para el producto final en cuanto al sabor y aroma que le aporta este estilo de malta, no olvidando mejorando el cuerpo de la misma.

3.1.3 Lúpulo. Dope D.C utiliza en su proceso actual de elaboración de cerveza lúpulo suministrado por Distrines Insumos y Cervezas Ltda, dicho lúpulo únicamente es distribuido en forma de pellets, la variedad de lúpulo es Cascade y Chinook.

Al igual que la malta para el lúpulo también se le destina su respectivo análisis sensorial, este nos ayuda a evaluar características especiales que se tienen en cuenta a la hora del hervor.

3.1.3.1 Lúpulo Chinook. Se utiliza como lúpulo bittering, el cual se es adicionado una vez el mosto se encuentre a temperatura de ebullición, de acuerdo con esto y con el valor del porcentaje de ácidos alfa el cual representa un 13,1%, genera un excelente carácter en la cerveza, este lúpulo caracterizado para utilizarse en cervezas de carácter ahumado y también frutado como se puede observar en la Ilustración 10.

Ilustración 10. Circulo aromático del lúpulo Chinook.



Fuente: Distrines. Insumos de Cerveza [en línea]. Yakima Valley Hops, 2019-. [Fecha de consulta: 22 febrero 2019]. Disponible en: <http://distrines.com/lupulos/29/lupulo-chinook>

Gracias al estilo de cerveza que se desea, el amargor de tipo frutal que se acentúa perfectamente al estilo deseado por los clientes, este genera el balance perfecto para las cervezas de estilo americano.

Fotografía 12. Imagen del Lúpulo Chinook.

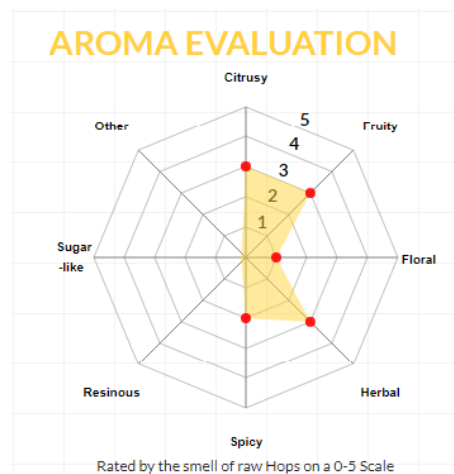


Fuente: Elaboración propia.

Además de hacer el análisis de percepción de olores, se realiza el análisis visual el cual según al ojo de los analistas muestra un color poco grisáceo lo que puede indicar una falta de maduración, asimismo un color marrón oscuro en algunos pellets, lo cual indica “calentamiento debido a humedad demasiado elevada”⁴⁴.

3.1.3.2 Lúpulo Cascade. Este lúpulo caracterizado por general utilizarse en las adiciones tardías, aumentando así el sabor y aroma en la cerveza. Se caracteriza además por tener aromas cítricos frutales, también florales y herbales el cual le da el perfil a lúpulo Ilustración 11.

Ilustración 11. Circulo aromático del lúpulo Cascade.



Fuente: Distrines. Insumos de Cerveza [en línea]. Yakima Valley Hops, 2019-. [Fecha de consulta: 22 febrero 2019]. Disponible en: <http://distrines.com/lupulos/28/lupulo-cascade>

Teniendo en cuenta que es el lúpulo que se adiciona en mayor proporción, se observa con anterioridad una muestra tomada en un lente de vidrio figura, el lúpulo Cascade se ve de mejor color, apariencia fresca amarillo verdoso con ausencia de colores marrones, rojizos o blancos con señales que es una muy buena cosecha.

⁴⁴ Fuente: KUNZE, Wolfgang. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlín, 2006. 64p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

3.1.4 Levadura. Una de las materias primas más importantes en el proceso de elaboración de cerveza artesanal en la microcervecería Dope D.C. Al igual que el lúpulo la levadura también viene en diferentes presentaciones, de forma seca y líquida. Distrines Insumos y cervezas Ltda proveedor de Dope D.C suministra únicamente levadura seca.

Fotografía 13. Imagen de levadura Safe Ale 05.



Fuente: Elaboración propia.

Para el estilo APA, levadura Fermentis Safe-Ale 05 es la deseada por el cervecero en este caso, Fotografía 13. Según fermentis “Levadura ale americana, que produce cervezas bien balanceadas, con baja concentración de diacetilo y un paladar final limpio, fresco y vivaz. Forma una capa superficial y se caracteriza por permanecer en suspensión durante la fermentación”⁴⁵.

Tabla 15. Ficha técnica para la levadura Safe Ale

% Peso seco:	94.0 - 96.5
Células viables al envasado:	$> 6 \times 10^9$ /g
Bacterias totales:	< 5 / ml
Bacterias ácido acéticas:	< 1 / ml
Lactobacilos:	< 1 / ml
Pediococcus:	< 1 / ml
Levaduras salvajes no Saccharomyces:	< 1 / ml
Microorganismos patógenos:	En acuerdo a la regulación vigente

Fuente: Distrines. Insumos de Cerveza [en línea]. Fermentis, 2019-. [Fecha de consulta: 6 de marzo 2019]. Disponible en: <http://distrines.com/levaduras/33/safale-us-05>

Otra particularidad de la levadura para la preparación de una Ale Americana se ve en la Tabla 15, donde refleja el valor del recuento de bacterias realizado por parte de Fermentis, valor importante para la fermentación, ya que son las encargadas de

⁴⁵ LESAFFRE ET COMPAGNIE [FR]. Sitio Web. France. [Consulta: 26 febrero 2019]. Disponible en: <https://fermentis.com/wp-content/uploads/2017/10/SafAle-US-05-2.pdf>.

dicha acción. Por otro lado, otro factor importante a tener en cuenta es el porcentaje en peso en seco, el cual facilita el cálculo del valor de líquido requerido, ya sea agua o mosto para la siembra de nuestra levadura y así prepara de manera adecuada el Starter.

3.2 DETERMINAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN NECESARIAS EN CADA UNA DE LAS ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL.

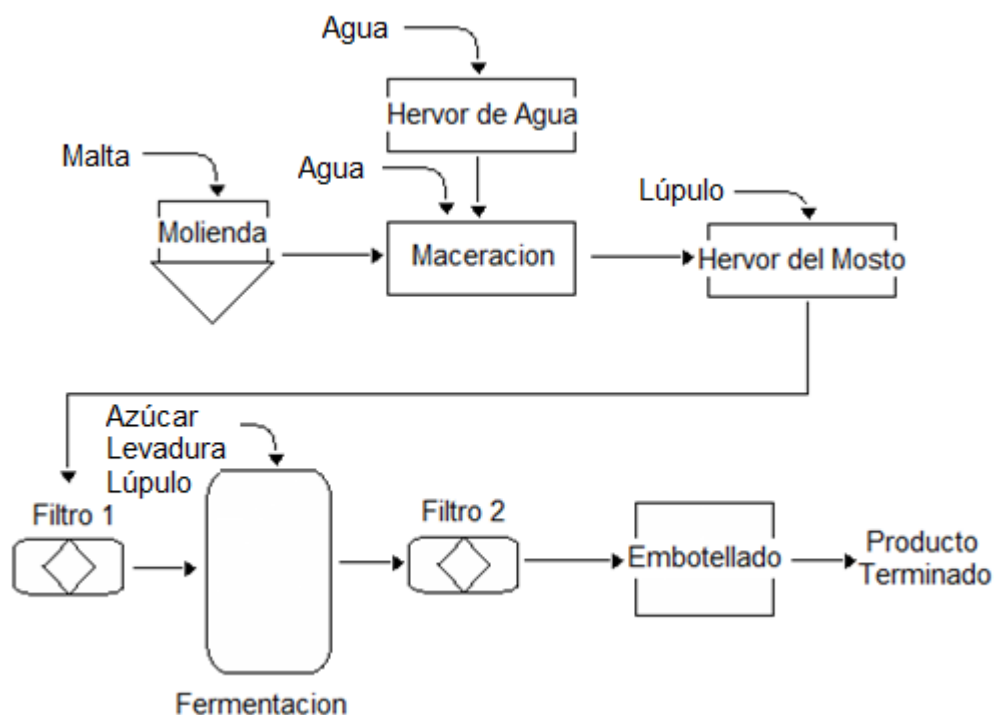
El nuevo proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo APA en la microcervecería Dope D.C tiene inmersas una serie de operaciones unitarias necesarias para el funcionamiento adecuado en el nuevo proceso de producción por lotes de 120 L del estilo requerido. Para poder especificar las condiciones de operación del proceso y de cada operación unitaria involucrada se realizan una serie de tareas específicas para una buena ejecución del objetivo específico como los son el diagrama PFD, balances de masa global y para cada una de las etapas de proceso, determinar las condiciones de operación de cada una de las unidades involucradas y requerimientos energéticos de los mismos. En dónde operaciones como la molienda, maceración, hervor del mosto y fermentación, serán objeto de estudio con el fin de establecer dichas condiciones de operación para las unidades de proceso ya nombradas y lograr establecer el nuevo proceso con el moderno volumen de producción.

3.2.1 Balance de Masa Global de la Microempresa Dope D.C. Para el proceso de elaboración de cerveza estilo APA en la microcervecería Dope D.C, se ven involucradas durante todo el proceso materias primas como los son malta, agua, lúpulo, levadura y azúcar. El balance de masa global y por etapas, se realiza teniendo en cuenta la ley de conservación de la materia, la cual dice que “La suma de las masas de las sustancias reaccionantes, es igual a la suma de los productos”⁴⁶.

Para el balance global se tienen en cuenta las operaciones unitarias involucradas y para ello se opta por realizar el diagrama de bloques del proceso donde se relaciona las materias primas con cada una de estas etapas de proceso Ilustración 12, este proceso es el que se lleva en general, pero para lograr un lote total de 120L, debido al volumen de los equipos es necesario realizar dos cocciones por cada lote producido

⁴⁶ GALAGOVSKY, Lydia Raquel; DI GIACOMO, María Angélica; ALI, Salvador. Stoichiometry and law of mass conservation: what can be hidden behind the simplification of the experts` discourse [en línea]. 2015, [Consultado 26 agosto 2018]. ISSN 1516-7313. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320150020006>

Ilustración 12. Diagrama de bloques de la microempresa Dope D.C.



Fuente: Elaboración propia.

La materia prima requerida durante el proceso, en las cantidades necesarias se expone en la Tabla 16, donde nos logra mostrar un listado de cada una y su cantidad en gramos o litros en el caso del agua. Estos datos de materia prima son utilizados para producir 120L, esto de acuerdo con el volumen de trabajo del mash lauter y el kettle tank no es posible, de tal manera que la materia prima será adicionada en dos momentos diferentes en la misma cantidad

Tabla 16. Listado de Materias primas utilizadas en Dope D.C.

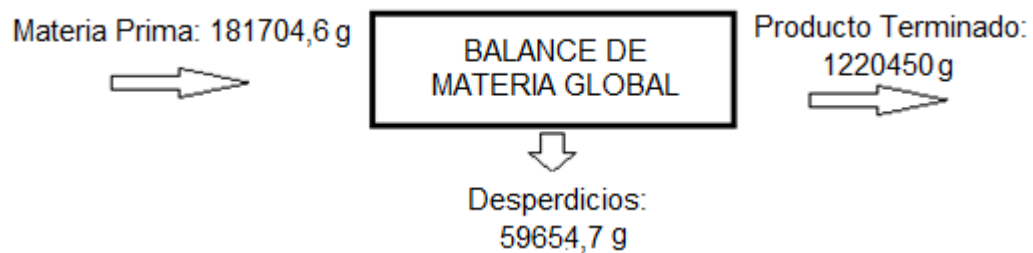
Materia Prima	Unidad de Medida	Cantidad
Malta Pale Ale	g	24000
Malta Cara Aroma	g	960
Malta Cara Múnich	g	2400
Lúpulo Chinook	g	108
Lúpulo Cascade	g	162
Agua	L	153,6
Levadura	g	55,2
Azúcar	g	726,6

Fuente: Elaboración propia.

Para el balance de masa general es necesario tomar las cantidades de materia prima requerida, desperdicios y producto, Ilustración 13 muestra la representación gráfica en solo una unidad de proceso con las cantidades de materia prima utilizada, desperdicios ocasionados y producto obtenido.

En el caso del agua, se toma un valor de la densidad de 998 kg/m^3 que es el valor establecido para la ciudad de Bogotá para poder hallar el respectivo peso de agua utilizado durante el proceso sin contar la cantidad que es destinada como de servicio y aseo.

Ilustración 13. Balance de masa global.



Fuente: Elaboración propia.

Se tiene en cuenta un listado detallado de los desperdicios que se generar durante todo el proceso Tabla 17, las cantidades de agua y de mosto que se evaporan se consideran así se encuentre en una pequeña proporción.

Tabla 17. Listado de desperdicios ocasionados en la microcervecería Dope D.C.

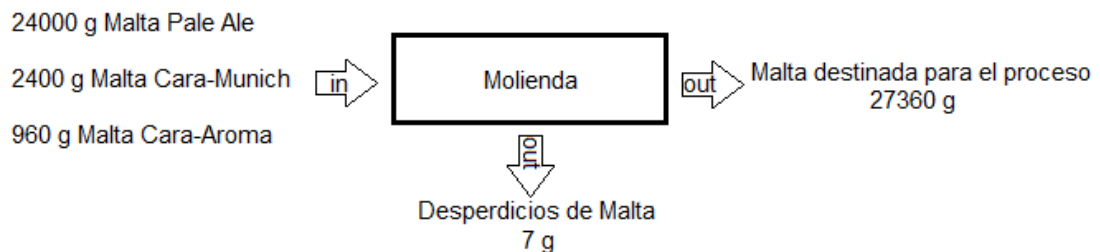
Tipo de Desperdicio	Unidad de Medida	Cantidad
Malta triturada	g	7
Bagazo	g	34531,5
Desperdicios que se generan en el Hervor	g	22092
Desperdicios que se generan en la Fermentación	g	2558,2
Desperdicios que se generan en el Filtrado	g	466

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Balance de Masa en cada una de las unidades del proceso. El balance de masa en cada unidad de operación nos permite un análisis más detallado del proceso en cuanto a las materias primas utilizadas con su respectiva etapa de adición, además de los desperdicios ocasionados y corrientes de salida de producto.

Las operaciones unitarias más importantes durante el proceso son molienda, maceración, hervor del mosto, filtrado y fermentación. En la etapa de la molienda están presentes las maltas a utilizar tanto la base como la de caramelo y la torrefacta, cada una de ellas genera desechos durante la triturada; en la Ilustración 14 se ve una representación gráfica de la molienda donde explica detalladamente cada una de las corrientes de entrada y salida en esta etapa.

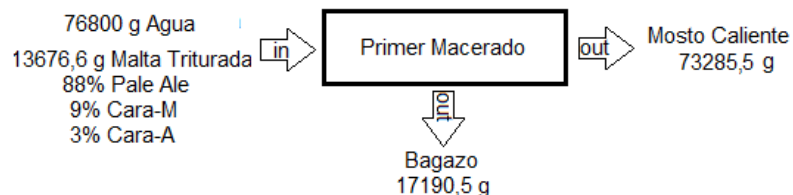
Ilustración 14. Balance de Masa en la Molienda.



Fuente: Elaboración propia

La corriente de salida de la molienda que llega al macerador es la mitad de la cantidad destinada para el proceso en la proporción indicada para cada uno de los estilos, debido al volumen de trabajo; la otra mitad se almacena temporalmente para la segunda cocción en un lugar libre de humedad y libre de altas temperaturas. La malta triturada es mezclada con la corriente de agua que ingresa de igual forma la cual es hervida con anterioridad para liberar el CL₂ presente. En la maceración como se logra observar en la Ilustración 15, las corrientes de salida son el mosto caliente y el bagazo. Pero un dato adicional que no se logra observar, es que una cantidad de agua proviene del tanque de hervor para el lavado del mosto en la 1° y 2° cocción es de 57,6L.

Ilustración 15. Balance de Masa en la 1° Maceración.

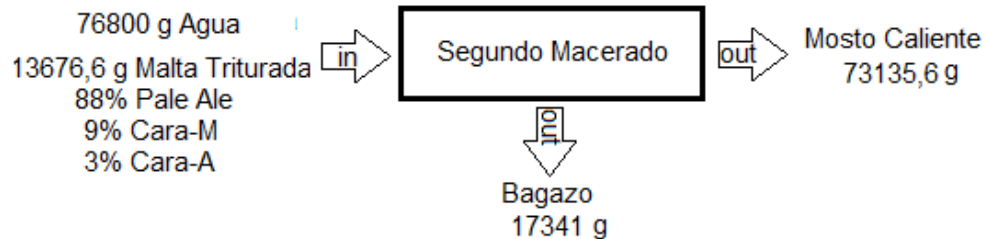


Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a que se realizan dos cocciones en serie como se nombró anteriormente para completar un lote total de 120L, la segunda maceración se lleva a cabo una

vez el mosto caliente de la primera cocción se transporta en su totalidad al tanque de hervor del mosto Ilustración 16.

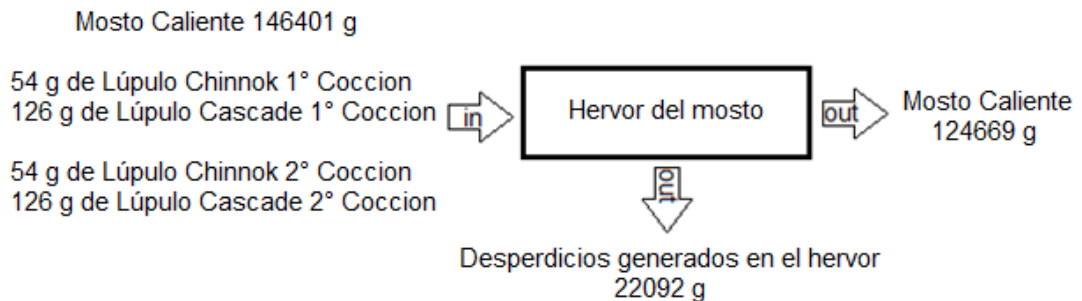
Ilustración 16. Balance de Masa en la 2° Maceración.



Fuente: Elaboración propia.

Las dos corrientes de mosto caliente que proviene del tanque de maceración llegan al tanque de hervor en tiempos diferentes de acuerdo al volumen de los equipos de cocción de mosto, la primera cocción se lleva al punto de ebullición, donde se mantiene durante el tiempo establecido, este proceso se lleva a cabo dos veces para cada una de las cocciones a realizadas. En esta etapa de proceso se le adiciona el lúpulo en la cantidad que muestra Ilustración 17.

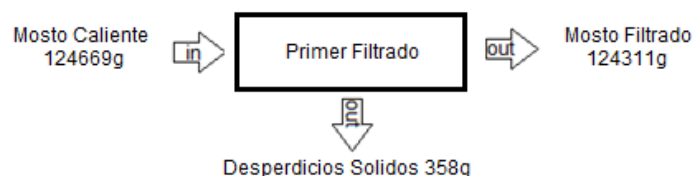
Ilustración 17. Balance de Masa en Tanque de Hervor del mosto.



Fuente: Elaboración propia.

La corriente de salida del tanque de hervor es filtrada por un lecho de afrecho, los residuos que se generan son partículas sólidas presentes en el mosto, la cantidad de desechos que se generan y el mosto filtrado se representa gráficamente en la Ilustración 18.

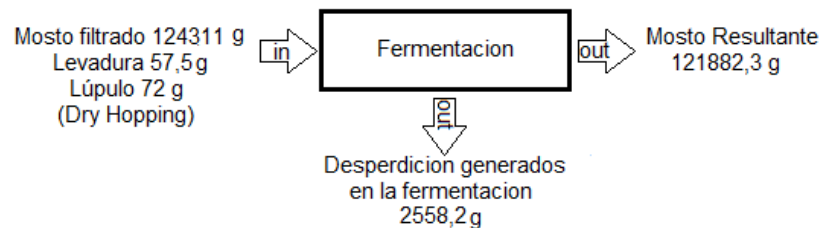
Ilustración 18. Balance de Masa en el Primer Filtro.



Fuente: Elaboración propia.

Después de hervir el mosto y ser filtrado, este es enfriado y transportado hacia el fermentador, la levadura Safe - Ale 05 es sembrada en un elernmeyer y dejada allí el tiempo requerido mientras libera el CO₂ y se forma el alcohol en la cantidad que se desea en la cerveza. Después de estar cierto tiempo establecido en la etapa fermentación, de adiciona lúpulo en Dry Hopping en esta etapa del proceso, esta adición es tenida en cuenta en el balance de masa en esta etapa Ilustración 19.

Ilustración 19. Balance de Masa en la fermentación.

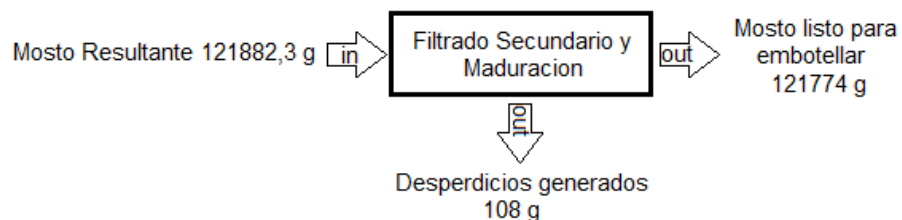


Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 20 se tienen presentes los flujos de entradas y salida en la maduración y filtrado secundario en etapas posteriores a la fermentación. En esta etapa se adiciona la cantidad de azúcar que necesita la cerveza para lograr una carbonatación óptima después de haber realizado el segundo filtrado. Después de esta etapa se embotella.

La porción de azúcar necesaria para la carbonatación de la cerveza se observa en la Tabla 16, es diluida en una muestra de mosto tomada en un erlenmeyer y posteriormente mezclada con el mosto resultante, este pasa por un filtro que es un lecho de afrecho Ilustración 20. Ayudando así a mejorar apariencia del producto en cuanto a sólidos suspendidos en el producto.

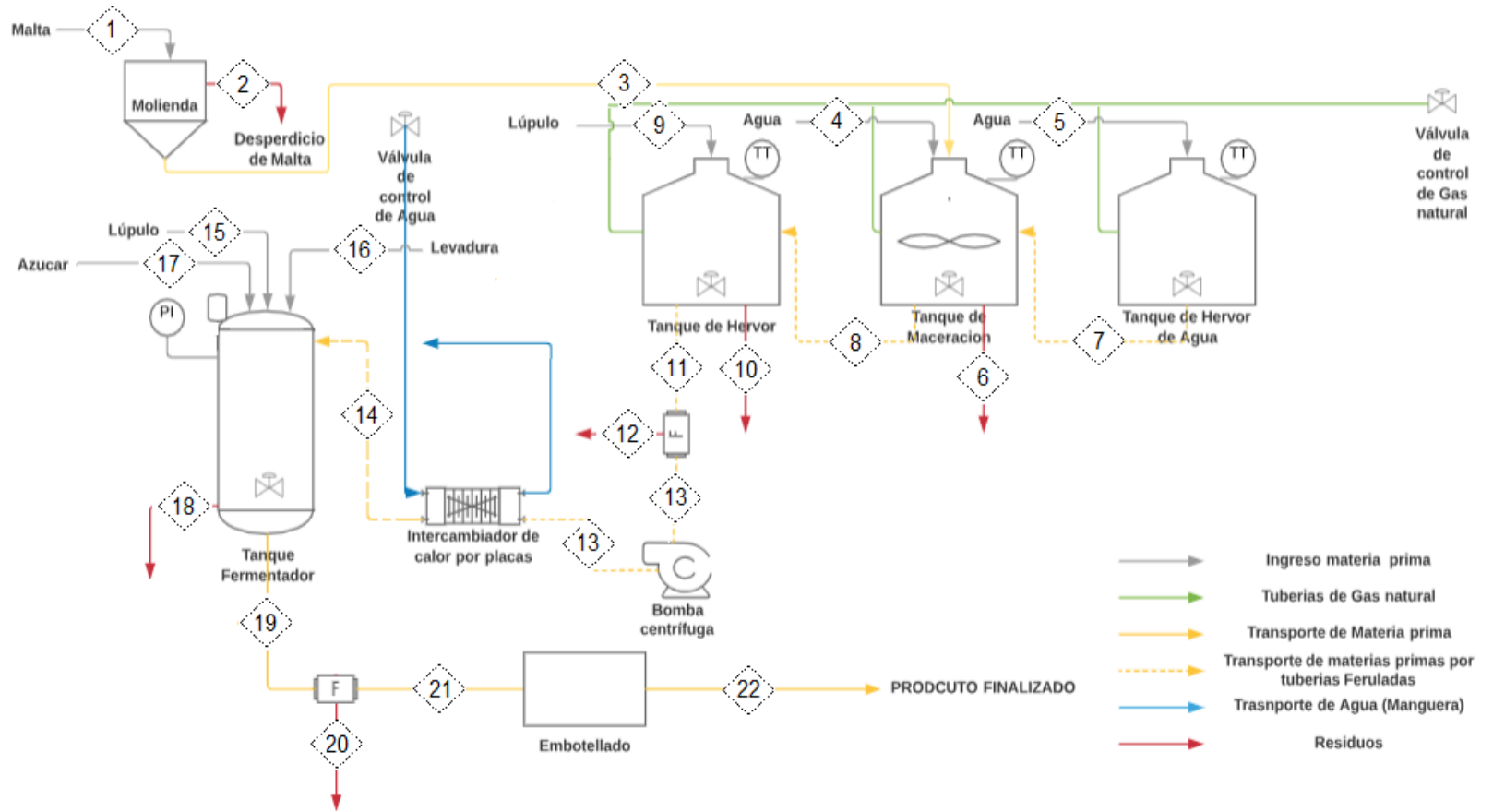
Ilustración 20. Balance de Masa del filtrado secundario y maduración de la cerveza.



Fuente: Elaboración propia.

En la última etapa del proceso se embotella, y se deja el tiempo respectivo de maduración según la receta elaborada. El proceso de elaboración de cerveza en la microempresa Dope D.C, representado gráficamente en un diagrama PFD cómo se logra observar en la Ilustración 21, en él se tiene en cuenta la materia prima involucrada, equipos utilizados, servicios adicionales de proceso (agua y gas), sistemas de control de temperatura (Termocupla) y de presión (válvula de alivio), el transporte y la recirculación del mosto pasa por mangueras feruladas para transporte de alimentos con ayuda de una bomba centrífuga.

Ilustración 21. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza artesanal APA.



Se genera la Tabla 18 como una herramienta complementaria del diagrama PFD, donde las cantidades de materia prima, producto y desechos, se tienen en cuenta para el balance de masa necesario en cada etapa. Cada una de las corrientes se representa con un número y se relaciona con la cantidad de masa presente en cada operación unitaria.

Tabla 18. Tabla de cantidades de materia por corrientes de acuerdo al diagrama de proceso de Dope D.C.

Materias Primas	Corriente (g)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Malta Pale Ale	24000		23997																				
Malta Cara Aroma	2400		2398																				
Malta Cara-Múnich	960		958																				
Desperdicios en la Molienda		7																					
Bagazo						34531,5																	
Lúpulo Chinook									108														
Lúpulo Cascade									252						72								
Desperdicios en el Hervor										22092													
Agua				109440	43928		43928																
Levadura																55,2							
Desperdicios en la Fermentacion																		2558,2					
Mosto								146421,1			124669		124311	124311						121882,3		121774	121774
Filtracion												358									108		
Azucar																	726,6						
Temperatura																							
Total	27360	7	27353	109440	43928	34531,5	43928	146421,1	360	22092	124669	358	124311	124311	72	55,2	726,6	2558,2	121882,3	108	121774	121774	

3.2.3 Limpieza y Desinfección. La limpieza y desinfección de los equipos es uno de los factores más importantes en la fabricación de cerveza; en Dope D.C para los equipos en Acero Inoxidable AISI SAE 304-B (Tanque Macerador, Tanque de agua, Tanque de hervor del mosto), es necesario aplicar el programa de limpieza. Al igual que todos los utensilios presentes en el proceso productivo.

1. El lavado en su primer ciclo se realiza con agua caliente para eliminar residuos sólidos ocasionados durante el proceso, este proceso se prolonga durante 10 minutos, hasta eliminar toda suciedad visible.
2. El primer lavado químico se realiza con soda caustica al 0,5% en una cantidad de 600 g, y 60L de agua caliente a 60°C durante un tiempo de 20 minutos, es necesario la recirculación y contacto constante con toda la superficie. Se juega con solución acuosa de 2% de Hipoclorito de Sodio (Lejía).
3. El segundo lavado químico se realiza con ácido fosfórico al 1%, el agua a una temperatura de 20°C y se recircula durante 20 minutos, se enjuaga con una solución acuosa de 2% de Hipoclorito de Sodio (Lejía).
4. La desinfección final de los equipos se realiza con una solución de 1,5mL por litro de agua, con un atomizador portátil, donde se cubre toda la superficie se deja actuar 5 minutos, y se retira con agua.

3.2.4 Molienda o Molturación. Los diferentes estilos y cantidades de malta destinada para el proceso en la microcervecería Dope D.C, en este caso malta pale es pesada con anterioridad en una balanza digital y almacenada en una lona tipo costal a temperatura ambiente y libre de humedad.

La molturación o molienda es importante gracias “A los efectos de posibilitar a las enzimas de la malta que actúen sobre los componentes de esta última y que los descomponen durante la maceración, la malta debe ser triturada. La molturación es un proceso de trituración mecánica, en el que, sin embargo, las cáscaras deben ser tratadas cuidadosamente, dado que se las necesita como material filtrante en la filtración del mosto”⁴⁷.

Dado que las cáscaras se requieren para la filtración del mosto, estas deben ser destruidas por lo menos posible durante la molturación. Una cáscara seca se astilla fácilmente y debido a la formación de pequeñas partículas por el astillado, se reduce fuertemente la capacidad de filtración de la cáscara. Por otro lado, la cáscara será tanto más elástica, cuanto más húmeda se encuentre, por humedecimiento, cuanto más húmeda se encuentre puede ser protegida fácilmente. Este proceso se denomina acondicionamiento. Si se suministra demasiada agua se humedece todo el contenido del grano, y lo que se prefiere usualmente hoy en día es un

⁴⁷ Fuente: KUNZE, Wolfgang. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlín, 2006. 226p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

endospermos seco, que se pueda triturar lo requerido, y en lo posible una cáscara húmeda y elástica.⁴⁸

Dope D.C cuenta con un molino para granos de cuchillas con un motor de capacidad de 0,5hp Fotografía 14, es el encargado de triturar la malta destinada para el proceso, la etapa de pesado se realiza con anterioridad. Se toma la cantidad la cual es triturada con la ayuda de un taladro casero que complementa al molino para un menor tiempo en el proceso de molturación.

Fotografía 14. Molino, encargado de la molienda en la microcervecería Dope D.C.



Fuente: Elaboración Propia

Para tener en cuenta las especificaciones que se desean en el tamaño de la cáscara y el endospermo, se mantiene una visualización constante durante toda la etapa por parte del operario en caso de que el molino genere tamaños imperfectos y no los deseados debido a su desajuste. Los tres estilos de malta son almacenados en una lona, posterior al triturado.

⁴⁸ Fuente: KUNZE, Wolfgang. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlín, 2006. 226p. ISBN 10: 3-921 690-54-4.

Fotografía 15. Imagen de malta triturada.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la imagen se observa un grano fino con cascara de un tamaño de 2 a 3mm de cascara molido ya que los requerimientos para el macerado son de dejar cascara de gran tamaño, y un endospermo triturado, con esto se logra garantizar un buen filtrado natural en el lavado y recirculado posterior al macerado.

3.2.5 Macerado. En Dope D.C como cualquier otra cervecería. “La maceración es el proceso más importante en la fabricación de mosto. En la maceración, la molienda y el agua son mezclados entre sí (macerados). Los componentes de la malta entran así en solución y, con ayuda de las enzimas, se los obtiene como extractos. Las transformaciones durante la maceración tienen una importancia decisiva”⁴⁹.

Solamente una pequeña parte de los componentes de la molienda son solubles. Pero a la cerveza solamente pueden pasar sustancias solubles. Por ellos es necesario, que las sustancias insolubles de la molienda sean convertidas en sustancias solubles durante la maceración. Las sustancias que entran en solución son denominadas extracto⁵⁰.

Son solubles los azúcares, las dextrinas, las sustancias minerales y determinadas proteínas. Son insolubles el almidón, la celulosa, una parte de las proteínas con alto peso molecular y otros compuestos que formaran parte del bagazo. Es importante conseguir la mayor cantidad de extracto posible por motivos económicos. Por eso, el propósito de la maceración es la degradación completa del almidón para la obtención de azúcares y dextrinas solubles. La cantidad principal de extracto se

⁴⁹ Fuente: KUNZE, Wolfgang. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlín, 2006. 246p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

⁵⁰ ALMAJANO PABLOS, Maria Pilar. Diseño de una micro-planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción. Trabajo de grado Ingeniería Química. Catalunya.: Universidad Politécnica de Catalunya. Departamento de Ingeniería Química, 2015. 60 p.

consigue durante la maceración, por la actividad de las enzimas, las cuales deben actuar con sus temperaturas óptimas.⁵¹

Dope D.C cuenta con un tanque de maceración de acero inoxidable con las especificaciones de diseño que muestra la Tabla 19.

Tabla 19. Especificaciones técnicas del tanque de macerado.

Especificaciones técnicas	
Material	Acero Inox A.I.S.I 304 2B
Volumen total	65 L
Volumen de trabajo	60 L
Potencia	0,5 hp

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.6 Propiedades de las enzimas. La propiedad, más importante de las enzimas es su actividad en la disociación de los sustratos. Esta actividad depende de varios factores:

Las actividades de las enzimas dependen en primer lugar de la temperatura. Aumenta de forma creciente y alcanza un valor óptimo específico para cada enzima a la temperatura óptima indicada como se muestra en la tercera columna de la Tabla 20. A mayores temperaturas tiene lugar una inactivación en rápido aumento, debido a un desdoblamiento de la estructura tridimensional de la enzima (desnaturalización). La inactivación y eliminación de la actividad enzimática es tanto mayor, cuanto más hacia arriba es excedida la temperatura óptima. Las enzimas trabajan también a menor temperatura, pero notablemente más lento como se muestra en la Grafica 2.

⁵¹ ALMAJANO PABLOS, Maria Pilar. Diseño de una micro-planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción. Trabajo de grado Ingeniería Química. Catalunya.: Universidad Politécnica de Catalunya. Departamento de Ingeniería Química, 2015. 60 p

Gráfica 2. Dependencia de la actividad enzimática de la temperatura.

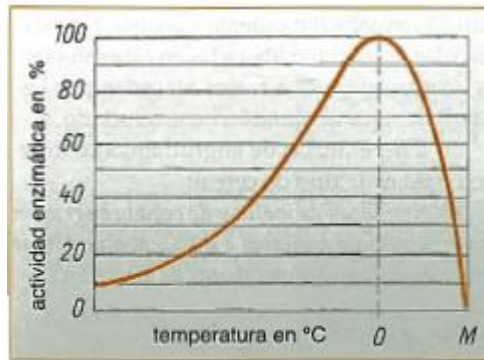


Figura 3.22
Dependencia de la actividad enzimática de la temperatura
O = temperatura óptima
M = temperatura máxima

Fuente: KUNZE, Wolfgang. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín: VLB Berlín, 2006. 247p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

Las enzimas importantes y que se tratan de activar en la maceración son las que muestra la Tabla 20.

Tabla 20. Principales enzimas involucradas en la maceración.

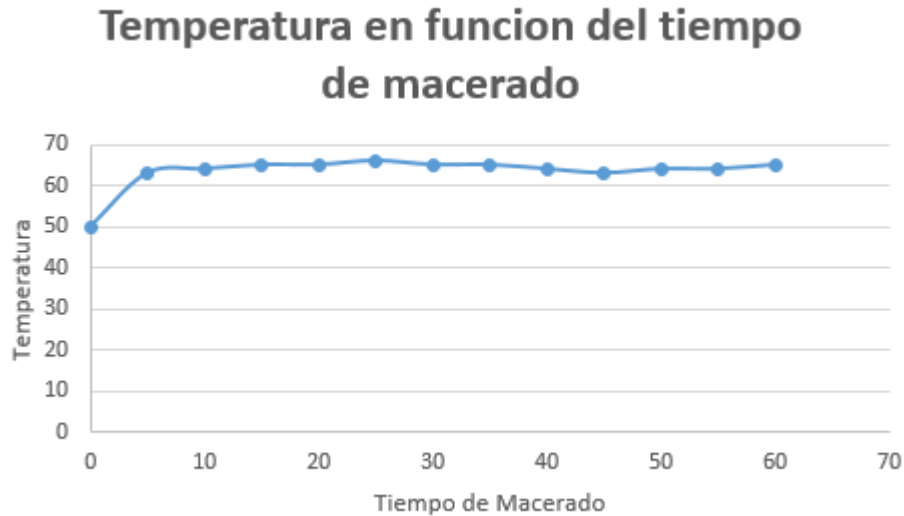
Enzimas		Actividad Biológica	Productos de la Reacción	Temperatura Óptima	Temperatura de inactivación
Proteasas		Degradación de proteínas	Aminoácidos, oligopeptidos y polipeptidos	(45 - 55)°C	100°C
Glucanasas		Degradación de β- glucano	β- glucano de menor peso molecular	(33-45)°C	60°C
Amilasas	α - amilasa	Degradación de almidón	Azúcares fermentables y no fermentables	(72-75)°C	80°C
	β - amilasa			(60- 65)°C	70°C

Fuente: FLORES, Mauricio; PAUCAR, Danilo; SECAIRA, Laura. Aplicación de enzimas catalíticas en procesos fermentativos de la industria cervecera y de panificación. En: Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil. 5, febrero, 2015. p.3

La mayoría de los sistemas de maceración, actualmente en uso pueden ser clasificados por infusión o decocción. En Dope D.C para la producción de cerveza artesanal APA se maneja una infusión simple la cual pretende manejar una temperatura constante en un rango de 60 a 65 °C, durante un tiempo de 60 min, esto con el fin de favorecer la acción enzimática de la β - amilasa, en este caso

favorecer la acción de la β - amilasa y generar azúcares fermentables y no fermentables. la Grafica 3 muestra el manejo de la temperatura con respecto al tiempo de macerado, donde son los valores temperatura son tomados cada 5 minutos después de a ver comenzado el macerado.

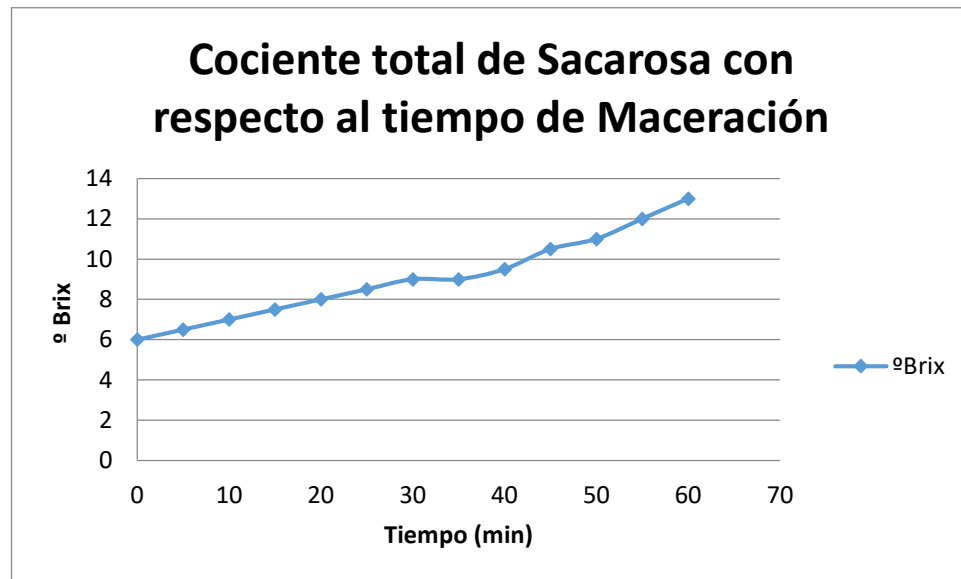
Gráfica 3. Temperatura en función del tiempo de macerado.



Fuente: Elaboración propia.

La temperatura y el tiempo son factores muy importantes en la maceración, el control de temperatura durante el macerado garantiza que la actividad enzimática de la β -amilasa presentes en la cáscara de la malta sea la deseada, y gracias a ello lograr el rompimiento de moléculas grandes y así contribuir a la formación de azúcares fermentables en el mosto, la Grafica 3 expone el perfil de temperatura deseado para nuestro estilo American Pale Ale. Otro de los factores a tener en cuenta son los grados Brix, medidos con un refractómetro, este ayuda a cuantificar y dar un dato aproximado de los sólidos solubles totales de la muestra, en el caso de la cerveza artesanal muestra el cociente total de sacarosa presente en la muestra líquida, con ello poder determinar el valor de la densidad original del producto.

Gráfica 4. Cociente total de sacarosa con respecto al tiempo de macerado.



Fuente: Elaboración Propia.

Los datos de la Grafica 4 son tomados cada 5 minutos por parte del operario, una muestra del mosto a una temperatura la cual se desprecia, ya que el instrumento hace una corrección de la temperatura y arroja valores aproximadamente a 20 °C.

El pH se expresa como el grado de acidez o alcalinidad de una solución, en la elaboración de cerveza” la cebada malteada contiene fosfatos, que son tampones ácidos. Hacer un puré de grano mezclado con agua hará que los tampones de fosfato alcancen un pH alrededor de 5,6, no importa cuál sea el pH inicial de su agua, ya que la interacción entre los iones de agua y los componentes de amortiguación de la malta siempre cambiara el valor de pH del agua”⁵².

3.2.7 Adiciones de Lúpulo en Hervor y Enfriado. Para este proceso se tienen en cuenta las adiciones de lúpulo durante en el proceso de hervido, teniendo conocimiento que se tienen dos estilos, pero se realizan tres adiciones de manera consecutiva cada una con un tiempo determinado, así como se observa en la Tabla 21.

⁵² PALMER, Jhon. How to brew [en línea]. 1999. 22p [Consultado 16 de marzo 2019]. Disponible en: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fabrications-Objets-Outils-Produits/bieres/53735499-How-to-brew-John-Palmer-Espanhol.pdf>

Tabla 21. Tabla de adiciones de lúpulo.

Estilo	Cantidad	Tiempo de Adición
Chinook	108g	0 min
Cascade	106g	45 min
Cascade	144g	57 min

Fuente: Elaboración propia.

En lo referente a la primera adición, la cual se agregan 108g de Chinook, este estilo genera el amargor en la cerveza generando sabores cítricos frutales, su adición se da al comienzo del hervor y así acentuarse su sabor en el mosto, seguido son agregados 106g de Cascade al minuto generando sabores igualmente frutales, pero además herbales, lo que logramos que la cerveza obtenga estos sabores característicos. Y por último los 144g igualmente de Cascade pero esta vez acentúa aromas en el mosto de forma que se agregan faltando tres minutos de terminar la etapa de hervor del mosto.

De esta forma habiendo logrado el perfil deseado para el estilo APA en Dope D.C. Se obtiene el mosto final el cual se ve en la necesidad de enfriarlo rápido así lograr que, "Si el mosto es enfriado lentamente, el dimethyl sulfide continúa produciéndose, sin ser eliminado por el hervor, y esto produce sabores indeseados en la cerveza terminada. El objetivo es enfriar rápidamente el mosto por debajo de los 26°C, antes de que se produzca oxidación y contaminación"⁵³.

⁵³ PALMER, Jhon. How to brew [en línea]. 1999. 22p [Consultado 15 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fabrications-Objets-Outils-Produits/bieres/53735499-How-to-brew-John-Palmer-Espanhol.pdf>

3.2.8 Fermentación. Respecto a la fermentación, Dope D.C tiene como materia prima destinada para este fin levadura seca Safe Ale – 05, esta es utilizada generalmente para producir Ales Americanas. Debido a la presentación de la levadura, según fermentis “el procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en un volumen de agua estéril o mosto 10 veces superior a su propio peso, a una temperatura de 25 a 29°C (77°F to 84°F)”⁵⁴. Es necesario el cálculo de agua necesaria como muestra la Ilustración 22.

Ilustración 22. Imagen de relación de Levadura vs Agua.

<p>Relacion: 1/10 ; Levadura/Agua</p> <p>11,5g Peso neto de levadura por sobre = 57,5g de Levadura</p> <p>Volumen de Agua = $\frac{575g \text{ de Agua}}{0,998 \text{ g / cm}^3} = 575 \text{ cm}^3 \text{ o mL}$</p>
--

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los cálculos hechos para la elaboración del starter, el cual ya sembrada la levadura en relación Agua/Levadura adecuada, se agita lentamente durante 20 minutos, logrando así una homogenización de la levadura formando un tipo de crema y generando CO₂. A la hora de sembrar el starter de levadura en el mosto, se ratifica una temperatura en el mosto entre 20°C y 18°C. Hecho esto se adiciona el contenido del starter dentro de fermentador el cual ya se encuentra el mosto.

Pasado una semana de la fermentación se le adiciona 72g de lúpulo Cascade en Dry Hopping, pasado el tiempo establecido de fermentación se procede a pasar el mosto por un filtro de lienzo, el cual ayuda a retener partículas retenidas como desechos de lúpulo y levadura.

3.2.9 Establecer los requerimientos energéticos de la nueva sala de cocción de 120L. Durante el proceso de elaboración son necesarios servicios de tipo energético; el dato de cuánto es el consumo de energía ya sea eléctrica o térmica la cual es generada por el gas natural, es necesario para que Dope D.C tenga una idea del gasto de energía que se ocasiona en la elaboración de un lote de 120L de cerveza APA.

⁵⁴ LESAFFRE ET COMPAGNIE [FR]. Sitio Web. France. [Consulta: 26 febrero 2019]. Disponible en: <https://fermentis.com/wp-content/uploads/2017/10/SafAle-US-05-2.pdf>.

3.2.9.1 Determinar la cantidad de energía eléctrica requerida durante el proceso. En el proceso de elaboración es necesaria la energía eléctrica en diferentes etapas del proceso como es la molienda, macerado y enfriado. La energía es suministrada por parte la empresa eléctrica de Bogotá Enei Codensa, lo cual para los equipos que funcionan con este tipo de energía, se calculan sus requerimientos en cuanto a su funcionamiento.

Según la Ecuación 8, es necesario el tiempo de duración del equipo y la potencia, el tiempo es calculado manualmente por parte del operador en cada una de las etapas requeridas, para la potencia se toma de las especificaciones de cada uno de los equipos, sabiendo que la toma de electricidad arroja un valor de 110V, en este caso valor estándar para los enchufes de uso doméstico.

Ecuación 8. Ecuación que determina la cantidad de energía eléctrica que se consume por parte de un equipo.

$E: t * P$

P: Potencia.
t: tiempo de duracion.
E : Energia Electrica consumida.

Fuente: POTENCIA Y ENERGIA LECTRICA [en línea]. eduMedia, 2019-. [Fecha de consulta: 20 abril 2019]. Disponible en: <https://www.edumedia-sciences.com/es/media/657-potencia-y-energia-electrica>

Después de haber determinado el tiempo y la potencia para cada uno de los equipos como se observa en la Tabla 22 se calcula el valor energía eléctrica que consumen cada uno de los equipos involucrados.

Tabla 22. Consumo de energía eléctrica en cada una de las etapas de proceso involucradas.

Equipo	Potencia (Kw)	Tiempo h	Consumo electrico (Kwh)
Molino	0,373	0,1677	0,0625521
Motorreductor	0,373	1	0,373
Bomba Chugger	0,0373	0,45	0,016785
Luz	0,1	16	1,6

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos son realizados gracias a la potencia de cada uno de los equipos. En el caso del molino valor del motor se toma en el numeral 3.2.4; para el motorreductor se toman del Anexo G donde están las características del Mash Lauter y en el caso de la bomba se toman del Anexo H.

3.2.9.2 Determinar la cantidad de energía Termica requerida durante el proceso. Gas natural, es el combustible disponible para la elaboración de cerveza artesanal APA en la microcerveceria Dope D.C. El flujo de gas es medido directamente desde el contador, ya que los únicos equipos conectados a la red de gas instalada son el mash lauter, kettle tank y hot liquor tank., por tal motivo con ayuda del dato de la capacidad calorífica que se tiene obtiene de la factura y que su rango varía entre 42,8MJ/m³ y 35,4MJ/m³, según la comisión de regulación de energía y gas que genera las especificaciones de calidad del gas natural en el punto de entrada del sistema nacional de transporte de gas de (Anexo I).

El consumo que genera cada uno de los tanques se expone en la Tabla 23, esta representa la cantidad total de consumo de gas en la microcerveceria Dope D.C. Para determinar este valor se sigue el procedimiento de la circular número 0004 de la comisión de regulación de energía y gas (Anexo J).

Tabla 23. Consumo de gas en cada etapa involucrada en la sala de cocción en Dope D.C de 120L.

Equipo	Flujo (m3)	Poder Calorifico (MJ/m3)	Consumo de gas (MJ)
Mash Lauter Tank	0,58	39,1	22,7
Kettle Tank	0,58	39,1	22,7
Hot liquor Tank	0,19	39,1	7,43

Fuente: Elaboración propia.

4. EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CERVEZA QUE SE PRODUCE EN LA SALA DE COCCIÓN DE 120L, CON RESPECTO A LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CERVEZA YA ESTABLECIDAS PARA LA SALA DE COCCIÓN DE 25L.

Basados en el primer capítulo donde se empieza a abordar de proyecto de grado centrándose principalmente en detallar de forma descriptiva del producto a remplazar por parte del estudiante. Este primer capítulo muestra una serie de procedimientos que ayudan a la determinación de parámetros de calidad referentes a la cerveza estilo APA, logrando establecer estos valores ya sea durante el proceso de elaboración o a través de medias muestrales de datos obtenidos vía laboratorio por medio de instrumentos de medición para diferentes muestras de cerveza elaborada en Dope D.C.

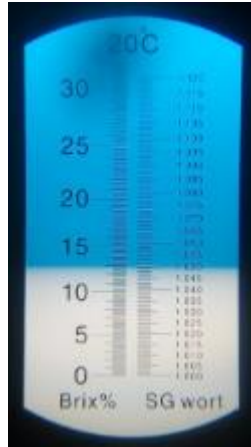
Después de mirar el proceso de elaboración de una forma detallada y completa, se desea establecer los parámetros requeridos según la guía BJCP, para el estilo de cerveza APA que se produce con una capacidad de 120L en equipos de acero inoxidable AISI SAE 304-B. Para determinar valores como la gravedad final, gravedad original y % de volumen de alcohol, se tienen en cuenta datos obtenidos durante el proceso; y para el pH, color y amargor, su valor se establece mediante media muestral y de esta forma confrontar el valor mediante una prueba de hipótesis y mirar en que parámetros varían según el estilo de acuerdo al nuevo proceso de elaboración.

4.1 GRAVEDAD ORIGINAL

Para el nuevo proceso de elaboración de cerveza artesanal el valor de la densidad se ve relacionado directamente con la concentración de azúcares presentes en el mosto antes y después de la fermentación.

Para determinar el valor de la cantidad de azúcares presentes en el mosto elaborado en la nueva sala de cocción, es utilizado el refractómetro Anpro Brix. Con diferencia al proceso antiguo, la muestra se toma del mosto a una temperatura menor que 20°C, este se encuentra en el fermentador antes de inocular la levadura; la muestra es extraída a través de una válvula de mariposa ubicada en la parte inferior del fermentador tipo cono con un Erlenmeyer. Se tienen en cuenta las mismas condiciones de operación a la hora de la elaboración de cerveza, tanto para el antiguo producto como para este nuevo a remplazar. El valor que arroja el refractómetro después de tomar unas gotas de mosto y colocarlas en el lente del refractómetro, es de 13,16 Brix% Fotografía 16, ese es el valor promedio que arroja las tres cocciones realizadas en la nueva cocina.

Fotografía 16. Imagen real de los valores de grados brix que permite determinar la densidad original.



Fuente: elaboración propia

El valor de 13,1Brix% es necesario para determinar el valor de la densidad original, con la ayuda de la Ecuación 1 presente en el numeral 2.1. La cual remplazando el valor del porcentaje grados brix como se refleja en la Ilustración 23, ayuda a determinar el valor de la densidad original para establecer este primer parámetro.

Ilustración 23. Procedimiento para el cálculo de la DO en una sala de cocción de 120L.

$$DO : 999,996 + 3,855642 * \text{°Brix} + 0,013695 * (\text{°Brix}^2) + 0,00003739145 * (\text{°Brix}^3)$$

$$DO : 999,996 + 3,855642 * 13,1 + 0,013695 * (13,1^2) + 0,00003739145 * (13,1^3)$$

$$DO : 999,996 + 50,123346 + 2,314455 + 0,08215$$

$$DO : 1052 \text{ Kg / m}^3$$

Fuente: elaboración propia.

El valor de 1052,2 kg/m³ con respecto al de 1052,6 kg/m³ del proceso antiguo, representa una variación de 0,4 kg/m³ lo cual no influye con gran importancia en el producto final deseado por Dope D.C. Además de tener gran proximidad en su valor al remplazarlo en la Ecuación 2 para determinar el valor de la OG el cual es de 1,052, resultado que se encuentra dentro de los rangos predeterminados de una APA, valor que se encuentra dentro de los valores deseados según la guía BJCP 2015 a un rango de (1045 - 1060) para la DO.

4.2 DENSIDAD FINAL

El valor de la densidad final del mosto destinado como producto, es un dato que ayudará a establecer parámetros necesarios tanto en el proceso como en el producto final. La muestra que se toma del mosto que ha permanecido 15 días bajo el efecto fermentativo de la levadura, muestra es tomada del flujo de mosto que sale

por la válvula donde comienza la parte cónica del reactor, esto nos garantiza que no va a ver presencia de levadura mezclada con mosto Fotografía 17, como se refleja en la imagen el mosto es de color deseado y libre de presencia de levadura en exceso.

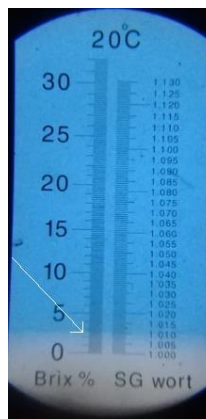
Fotografía 17. Toma de muestra en la etapa de fermentación para determinar su FG.



Fuente: laboración propia.

Después de tomar 50 mL de mosto disponible del proceso en la etapa de fermentación se agregan unas gotas sobre el lente del refractómetro, el valor arrojado es de 2,9Brix% Fotografía 18, este valor con ayuda de la Ecuación 3, nos ayuda a determinar el valor de la densidad final, el dato arrojado al realizar el cálculo es de 1,010 FG para el mismo producto, pero con unas nuevas condiciones en la operación con los equipos de mayor volumen.

Fotografía 18. Imagen real del dato de grados brix para determinar la FG.



Fuente: elaboración propia.

El valor de la gravedad final es de 1,010 para la cerveza APA de la microcervecería Dope D.C, que de acuerdo con los rangos establecidos por la guía BJCP del 2015 que son (1,010 – 1,015) para la FG. El valor de la gravedad final concuerda a un

estilo American Pale Ale, esto ratifica el segundo parámetro establecido para ratificar la calidad de nuestro estilo, además de que los valores con respecto a lo de la FG del antiguo producto o producto a remplazar son valores que comparten un valor muy aproximado entre ellos, lo que también ratifica el estilo propio a realiza con referencia a una APA.

4.3 DETERMINAR PORCENTAJE DE ALCOHOL EN VOLUMEN DE LA CERVEZA

Para lograr determinar dicho parámetro; que además interfiere en la calidad del producto. El %ABV para este producto es importante, porque así se garantiza una información verídica, a lo que refiere al número de mililitros de etanol puro presente en 100 mL de una solución a 20°C.

Para establecer este valor en la cerveza es necesario tomar datos anteriormente hallados como el de la gravedad original y final en el numeral 4,1 y 4,2 respectivamente. Estos datos son remplazados en la Ecuación 4, se realiza el cálculo respectivo como se observa en la figura. Según la guía BJCP del 2015 para el estilo American pale Ale el rango se encuentra entre 4,5 y 6,2%. Al reemplazar las densidades nos da un valor de 5,5%AVB, si bien esta fórmula tiene cierto error, facilita un valor verídico de la cantidad de alcohol de nuestra cerveza.

Ilustración 24. Calculo del %ABV de una cerveza producida en una sala de cocción de 120L.

$$\begin{aligned} \%ABV &= (OG - FG) * 131 \\ \%ABV &= (1,052 - 1,010) * 131 \\ \%ABV &= 5,5 \end{aligned}$$

Fuente: elaboración propia.

La carbonatación o acondicionamiento en botella factor importante que se tiene en cuenta dentro de la elaboración, debido a que se le adiciona 720g de azúcar, este genera un aumento del 0.25 - 0.35% de alcohol adicional. Lo cual para %AVB de la cerveza echa por Dope D.C no representa un cambio en su valor final, y por lo tanto se fija en 5.51%ABV de la cerveza APA.

4.4 DETERMINAR EL PH DE LA CERVEZA

Para establecer el valor de pH de la cerveza APA, Dope D.C al igual que en el antiguo proceso dispone de un pH metro HI98129. Dicha medición, se realiza de manera directa con una muestra recogida en un beaker, en este caso se toman nueve muestras del nuevo producto el cual se produce en cocciones de 120L, son muestras que se escogen al azar del lote por parte del encargado, este producto ya

terminado se encuentra almacenado en botellas de 354 cm³ de vidrio ámbar. De la misma forma que se llevó el procedimiento para la determinación de este parámetro para el antiguo producto; de igual forma se toma una alicuota de 20 mL a un beaker, como se dijo anteriormente los datos tomados son almacenados en la Tabla 24, la cual muestra lecturas de pH para cada una de las muestras, estos valores se toman exactamente de tres cervezas por cada uno de los tres lotes de 120L. A lo que refiere que de los tres lotes producidos se sacan tres cervezas y a de una de ellas es tomado el valor de su pH con el respectivo instrumento de medición disponible por la micro cervecería.

Tabla 24. Valores de pH en la cerveza APA producida en una sala de cocción de 120L.

N° Muestra	Valor de pH
1	7,2
2	7,1
3	7,1
4	7,2
5	7,3
6	7,2
7	7,1
8	7,2
9	7,1

Fuente: elaboración propia.

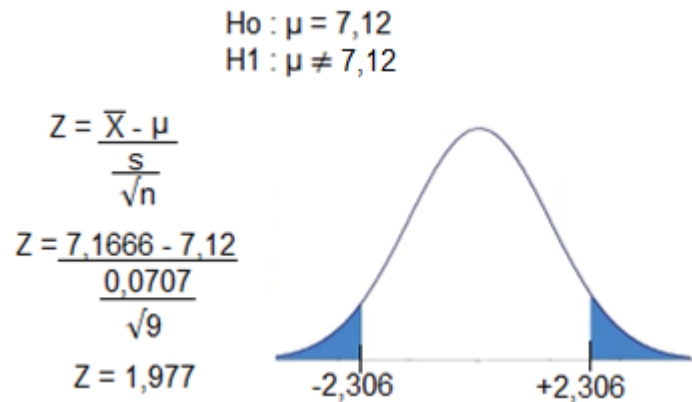
Para determinar el valor del pH de la cerveza estilo American Pale Ale que fue elaborada en la nueva sala de cocción de la microcerveceria Dope D.C. Es necesario determinar la media aritmética y desviación estándar del conjunto de datos que se reflejan en la Tabla. Este se realiza con el fin de establecer un valor promedio del pH de la cerveza actual y realizar una comparación de la media teórica en este caso el valor del pH para el antiguo producto $\mu_T = 7,12$ y con esto lograr la comparación por medio de una prueba de hipótesis.

Estos datos nos arrojan un resultado para una media muestral de ($\mu = 7,16$), esto representa un promedio del valor de pH en las cervezas embazadas, después de calcular este valor se procede a determinar el valor de la desviación estándar; se realiza el cálculo correspondiente y arroja un valor de $S = 0,0707$.

Para realizar el contraste de hipótesis de las medias para los valores de pH obtenidos; debido a que son menos de 30 datos en el análisis, es necesario realizar la prueba con la distribución poblacional T student, herramienta que sirve para comparar los datos obtenidos del pH para el antiguo producto y el que lo remplazara. Para afrontar este ejercicio de una manera adecuada se formula primeramente la hipótesis verdadera y la hipótesis nula, además de calcular el valor de la función

pivotal como muestra la Ilustración 25. Se desea una confiabilidad del 95% en los datos utilizados, por lo que se utiliza un valor de significancia del 5% ($\alpha=0,05$).

Ilustración 25. Rangos y Campana de Gauss para la prueba de hipótesis que se realiza para los datos de pH.



Fuente: elaboración propia.

En este punto se realiza la estimación por intervalos para la media muestral del valor de pH para el nuevo producto; se construye la campana de gauss con unos intervalos de confianza de acuerdo a los grados de libertad y el nivel de significancia; el dato arrojado ayuda a determinar los valores críticos con una distribución asimétrica en cada uno de los límites críticos de la campana. Según como se observa en la figura, el valor de Z se encuentra dentro del intervalo de confianza, lo cual representa una aceptación de la hipótesis verdadera, lo que refiere a que el valor de la media poblacional tiene una confiabilidad del 95 % de estar dentro del rango de confianza para el valor de pH de la cerveza.

4.5 DETERMINAR EL AMARGOR EN LA CERVEZA

Para determinar valor aproximado de la concentración de agentes amargantes, se establece el valor los IBU (unidades internacionales de amargor) en este caso para el producto realizado en la nueva sala de cocción. De acuerdo al procedimiento que se llevó a cabo en el numeral 2,5 y que basados en el conocimiento de Daniels, sabiendo que son necesarios datos que se utilizaron durante el proceso, como la presentación de los lúpulos, cantidades en peso, % ácidos alfa, volumen antes y después del hervor. Para el cálculo de los IBU de la cerveza se toma la Ecuación 5, la cual teniendo en cuenta datos ya tomados y otros que se esperan calcular según el método empírico de Ray Daniels. Para realizar el cálculo respectivo es de gran importancia los datos del factor de utilización y el factor de corrección.

Para determinar el valor del factor U de utilización, el cual representa la fracción de los α -ácidos que se isomerizan formando iso- α -ácidos. De acuerdo a que las

adiciones de los lúpulos se realizan en tiempo diferentes durante el hervor, el porcentaje de isomerización de α - ácidos es bajo para algunos lúpulos que debido a su poco tiempo de sumersión en el mosto durante el hervor; no logran la transformación. Dicho esto, se toma las curvas que Daniels por mínimos cuadrados realiza gracias a datos agrupados del valor de U con respecto al tiempo de hervor, y que además de considerar la presentación del lúpulo que se adiciona si es en flor o pellet.

Para cada adición de lúpulo es necesario sacar el factor U, de acuerdo a la Ecuación 6 de la curva en este caso la roja la cual representa las adicciones en pellet, los lúpulos utilizados son Chinook y Cascade el ultimo agregándose en dos adicciones durante el hervor. Dicho esto, se toma la ecuación de la curva roja Grafica 1 y para cada una de las adicciones se determina el factor U remplazando el valor del tiempo de adicción correspondiente, donde se encuentra ubicada la X y de esa forma hallar el factor U de utilización para cada una de las adicciones.

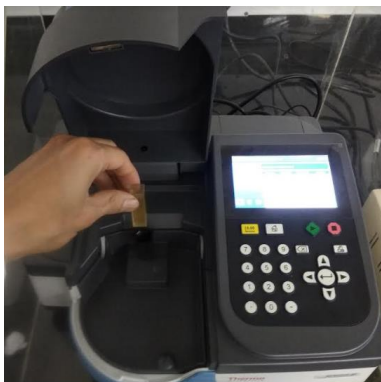
Ya determinado el valor del factor U para cada una de las adicciones, solo queda por establecer el valor de factor F de corrección, este corresponde a un valor determinado, dado por un rango comparativo del valor un estándar de densidad con un valor de 1050 con respecto a la D_{boil} , ya sea mayor o menor el resultado de la D_{boil} con respecto al valor estándar como se logra observar en la Ilustración 3

Al hallar el valor de la densidad en el hervor de 1043, el cual se halló remplazando datos que son utilizados o se tienen en cuenta durante el proceso, como el volumen antes y después de hervir el mosto con su respectiva densidad original. Ya que el resultado de la D_{boil} es menor al de 1050 se opta por tomar un valor de 1 para el factor F de corrección. Y así lograr establecer el valor de estos dos factores, para así lograr remplazar su valor en la ecuación general para determinar los IBU de la cerveza APA en Dope D.C. Teniendo en cuenta que ya se hallaron todas las incógnitas de la ecuación se remplazan, de esta forma se determinó un valor de IBU de 27,8.

4.6 DETERMINAR EL COLOR EN LA CERVEZA

El color es uno de los principales atributos en la cerveza, y para el estilo que se produce en la cocina a una escala de 120L total; este valor no es ajeno por lo que se determina su valor en escala EBC, esto se logra de una manera eficaz basándonos en el procedimiento que se llevó a cabo en el numeral 2,6; el cual vía laboratorio se utiliza la técnica o método de la A.O.A.C “Color of Beer 955.20.

Fotografía 19. Imagen demostrativa del análisis en el refractómetro Genesys 5, para la muestra de cervezas producidas en una sala de cocción de 120L.



Fuente: elaboración propia.

Las nueve cervezas son previamente desgasificadas, para favorecer una lectura confiable de los datos arrojado por el refractómetro, se configura el equipo a una longitud de onda de λ : 430nm, antes de analizar las muestras se establece el valor del blanco en el equipo, este procedimiento se lleva a cabo con agua destilada. De forma consecutiva se llevan nueve muestras de cerveza a la celda de medición y de ahí al refractómetro Fotografía 19, los datos arrojados para las nueve muestras son los que muestra la Tabla 25.

Tabla 25. Datos de absorbancia a 430 nm para determinar el color de la cerveza producida en una sala de cocción de 120L.

N° Muestra	Absorbancia
1	0,6
2	0,6
3	0,62
4	0,61
5	0,62
6	0,61
7	0,6
8	0,61
9	0,6

Fuente: elaboración propia.

Para los datos de las muestras que se reflejan en la Tabla 25, se observa que no muestran una variación significativa entre ellos, esto refleja contaminación de levadura en la muestra o de otras sustancias, además se determina el valor del promedio el cual arroja un valor de $\mu = 0,607$ de la absorbancia de la cerveza producida en un sala de cocción de 120L; este resultado es remplazado en la

Ecuación 8, donde arroja el valor del color es escala EBC para la cerveza producida en una sala de cocción de 120L en acero inoxidable de 15,5 EBC, Ilustración 26.

Ilustración 26. Procedimiento que ayuda a determinar el color de la cerveza que se produce en una sala de cocción de 120L en unidades EBC.

$$\text{Absorbancia de la cerviza a 430nm} * 25 = \text{Color en unidades EBC}$$

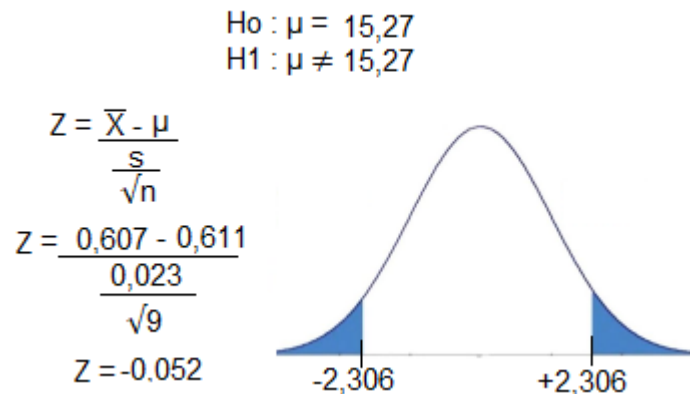
$$0,60 * 12 = \text{Color en unidades EBC}$$

$$15,5 = \text{Color en unidades EBC}$$

Fuente: elaboración propia

Tomando como referencia el valor de la media aritmética del valor de la ABS el cual es de 0,611 para el producto realizado en lotes de 25L, este dato al remplazarlo da un valor del color de 15,27 EBC. Se realiza un análisis de contrastes de la media aritmética del valor de la absorbancia mediante prueba de hipótesis para los datos arrojados para un lote de producción de 120 L, y con ayuda del valor de la desviación estándar de $S = 0,023$, se determina el valor de Z como muestra la Ilustración 27.

Ilustración 27. Prueba de hipótesis para los datos del colores en escala EBC.



Fuente: elaboración propia.

Los límites de la campana de gauss para la absorbancia, son iguales con relación a la del pH ya que poseen los mismos grados de libertad, esto indica que el valor de Z es el mismo; y de acuerdo a esto se puede decir que el dato de la absorbancia es de 0,611 o tiene una probabilidad del 95 %, que su valor sea cercano a ese valor deseado; al remplazar en la ecuación de la MEBAK da un valor aproximado al dato arrojado en el numeral 2,6.

La determinación de cada uno de los estadísticos vitales para la cerveza APA, de un producto que se elabora en una sala de cocción de 120L. Sirve para la comparación directa con cada uno de estos parámetros que se tenían presentes para el antiguo proceso de una capacidad de 25L. Según el procedimiento se esperaba un producto con cualidades finales parecidas al producto a remplazar. Al

analizar estos resultados se ve que fue un procedimiento satisfactorio ya que los valores arrojados para este nuevo producto son los deseados y requerido por Dope D.C para su estilo propio con referencia a un American Pale Ale y de igual forma a valores establecidos por la guía mundial de cerveceros.

5. ANALIZAR LOS COSTOS OCASIONADOS EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA APA EN UNA SALA DE COCCIÓN DE 25 Y 120L.

En este capítulo se analizan los costos de inversión y de producción de la cerveza artesanal APA en la microcervecería Dope D.C, dicho análisis tendrá en cuenta los costos directos e indirectos, tanto del antiguo proceso con una capacidad de 25L; como para el nuevo, con una capacidad total de 120L. Este se realiza para evaluar y comparar los costos de cada una de las propuestas por medio de la evaluación financiera CU (Costo Unitario). El cual es necesario tomar los costos del proceso antiguo (25L), pero igualando sus costos a una capacidad de producción de 120L y así lograr un escenario idéntico poder compararlos de la forma correcta.

Este análisis se hace con el fin de hacer un cuadro comparativo del antiguo y nuevo proceso, y así poder visualizar si el nuevo proceso genera menores costos, y de esta manera ayudar a la economía de Dope D.C, que de acuerdo a su inversión en equipos de acero inoxidable y mayor capacidad de producción, cubra la demanda en el mercado local.

5.1 COSTO DE INVERSIÓN DE LA NUEVA COCINA EN ACERO INOXIDABLE AISI 304-2B.

Dope D.C decide invertir es una serie de equipos en acero inoxidable, con una capacidad total de producción de 120L por cada lote. Dicha inversión beneficia a Dope D.C, gracias a que logra cubrir la capacidad de acuerdo a la demanda en el mercado local, y además de ayudas en mejoras de proceso en cuanto a parámetros de calidad e inocuidad en la elaboración de cerveza durante su proceso, y en el producto final.

Tabla 26. Listado de la inversión realizada por Dope D.C

Inversión de Equipos	Valor
Mash Lauter Tank	5'330.450 \$
Kettle Tank	3'700.550 \$
Hot Liquor Tank	5'840.720 \$
Unitank Fermenters	6'212.050\$
Total	21'083.770\$

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con esto Dope D.C adquiere para el proceso, nuevos equipos con una mayor capacidad de producción en cada una de las operaciones unitarias, este listado se expone en la Tabla 26, donde muestra un inventario detallado de cada uno de los equipos a suplantar, con su respectivo valor económico. Esto refleja el valor de la inversión de Dope D.C para ayuda en la mejora de sus instalaciones. El contrato que se firmó por parte de las directivas de Dope D.C, para adquirir estos equipos suministrados por Universe Beverage S.A.S; se puede ver en el Anexo G,

este refleja un valor de préstamo de 20'000.000 de pesos netos, sin tener en cuenta el 1'083.770\$ que se deberán pagar de más por intereses de un préstamo que se realiza de la mitad del dinero necesario.

5.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO CON UNA CAPACIDAD DE TOTAL DE 25L

Para la producción de cerveza Dope D.C disponía de una serie de equipos poco tecnificados de tipo artesanal, los cuales tenían una capacidad de producción total de 25L por lote de cerveza. De esta manera se toman los datos de los costos ocasionados durante la producción a esa escala y se realiza un listado detallado de cuáles son los costos directos e indirectos generados durante ese proceso.

Partiendo por un listado de las materias primas utilizadas para un proceso con una capacidad de 25L totales, la Tabla 27 muestra toda la materia prima necesario desde la molienda hasta el embotellado.

Tabla 27. Listado de costos de materia prima para producir un lote de 25 de APA.

Materia Prima	Cantidad	Precio en \$
Malta Pale Ale	5000 g	21.850
Malta Cara-Múnich	500 g	2.605
Malta Cara-Aroma	200 g	9.580
Lúpulo Cascade	52,5 g	7.941
Lúpulo Chinook	22,5 g	35.924
Levadura Sf-Ale	11,5 g	10.924
Agua	32 L	81,08
Azúcar	150 g	493
Tapas	50 u	4.800
Botella Ámbar	50 u	38.400
Total		132598.8

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta estos valores que son importantes a la hora de la realización de la cerveza por parte de Dope D.C. Es necesario el valor en pesos de la mano de obra que se tuvo para la realización del lote requerido. De acuerdo con esto se hacen los cálculos respectivos para el pago legal de una persona en una jornada diaria de trabajo, la Tabla 28 muestra un listado de beneficios legales de un salario mínimo legal vigente, estos valores se generan para un día laboral trabajo ya que la producción en Dope D.C es por baches.

Tabla 28. Referentes del SMLV del año 2019.

Table SMLV	
Prestaciones de Ley	Valor en pesos \$
Salario mínimo / 8h	27.604
Auxilio de transporte diario	3.234
Salud EPS	3.339
Pensión	4.274
Caja de compensación	1.068
Cesantías	2.486
Intereses a cesantías	298
Total	42.303

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a que Dope D.C es una microempresa que cuenta con dos trabajadores; se realiza la respectiva nomina pago para cada uno de ellos respecto a los días y horas laboradas por parte de cada uno de los trabajadores como se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29. Costos totales por mano de obra para un lote de 25L de APA.

Nombre del Trabajador	Valor día en pesos	Valor hora extra en pesos	Días trabajados	Total horas extras trabajadas	Total a pagar en pesos
Trabajador 1	42303	4313	2	4	101.858
Trabajador 2	42303	4313	1	4	59.555
				Total	161.413

Fuente: elaboración propia.

Habiendo calculado la mano de obra, también se tiene en cuenta el consumo de servicios que se ocasionan en el proceso de elaboración de 25L de APA, valores determinados anteriormente por parte de Dope D.C y suministrados al estudiante para el análisis de costo, en la Tabla 30 se tienen en cuenta el consumo de agua como materia prima y agente de limpieza, el consumo de gas en las etapas de conllevar la cocción total del mosto y por ultimo de electricidad con los equipos que tiene este medio de funcionamientos como bombas.

Tabla 30. Costos ocasionados por servicios, necesario en la elaboración de un lote de 25L de APA.

Servicio	Unidad de medida	Valor en pesos por cada unidad	Consumo	Valor total
Gas	KWH	117,41	3,05	358,1005
Agua	m ³	2533,84	0,16	405,4144
Energía eléctrica	KWH	509,5	2,004	1.021,038
			Total	1.784,5

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, están los gastos generados por cuestiones de transporte de materia prima, y sueldos de personal con cargos administrativos como se observa en la Tabla 31.

Tabla 31. Costos Adicionales ocasionado durante el proceso de elaboración de 25L de APA.

Otros Servicios	Valor en pesos
Transporte de materia prima	8.000
Sueldo de personal Administrativo	42.303
Total	50.303

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta los costos de producción directos e indirectos para un producto que se realiza de acuerdo con las condiciones de operación del antiguo proceso, se determina el valor del producto con un margen de ganancia del 30 %. Este cálculo nos arroja un valor de 8.998,5\$ por unidad de cerveza, teniendo en cuenta que el producto se elabora con las antiguas condiciones de operación de la planta de Dope D.C para ese entonces.

5.3 COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO CON UNA CAPACIDAD DE TOTAL DE 120L

Partiendo de un listado de las materias primas utilizadas para el proceso de elaboración que consta de una sala de cocción con una capacidad de 120L totales en acero inoxidable, la Tabla 32 muestra toda la materia prima necesaria desde la materia prima hasta el producto final.

Tabla 32. Costo de materias primas para un lote total de 120L.

Materia Prima	Cantidad	Precio en \$
Malta Pale Ale	24000 g	104880
Malta Cara-Múnich	2400 g	12504
Malta Cara-Aroma	960 g	45984
Lúpulo Cascade	252 g	37817
Lúpulo Chinook	108 g	17243
Levadura Sf-Ale	55,2 g	44754
Agua	153,6 L	388,43
Azúcar	720 g	23688
Tapas	250 u	24000
Botella Ámbar	250 u	200000
Total		511.258,43

Fuente: elaboración propia.

Dope D.C en la actualidad consta con dos trabajadores; se realiza la respectiva nomina pago para cada uno de ellos respecto a los días y horas laboradas por parte de cada uno de los trabajadores como se muestra en la Tabla 33 para cada uno de los lotes de 120L netos. Los datos del para el pago diario en base al SMLV para cada trabajador se toma del numeral 5,2.

Tabla 33. Costos de mano de obra para un lote de 120L.

Nombre del Trabajador	Valor día en pesos	Valor hora extra en pesos	Días trabajados	Total horas extras trabajadas	Total a pagar en pesos
Trabajador 1	42303	4313	2	8	119.110
Trabajador 2	42303	4313	2	6	110.484
				Total	229594

Fuente: elaboración propia.

Los recursos utilizados para producir una capacidad de 120L de cerveza APA. Son los servicios requeridos en cada una de las etapas del proceso. Se tienen en cuenta los datos suministrado en la Tabla 22 y 23, para los costos de consumo de gas y energía eléctrica su valor en peso es reflejado en la Tabla 34.

Tabla 34. Costos de servicios ocasionados en el proceso de elaboración de 120L de APA.

Servicio	Unidad de medida	Valor en pesos por cada unidad	Consumo	Valor total
Gas	KWH	117,41	14,77	1.734,1457
Agua	m ³	2533,84	1,22	3.091,2848
Energía eléctrica	KWH	509,5	2,99	1.523,405
			Total	6.348,83

Fuente: elaboración propia.

Para los gastos indirectos de producción en este nuevo proceso de elaboración de cerveza, se tiene en cuenta al igual que en el anterior, los transportes de materia prima y sueldos administrativos, pero además el costo del inmueble donde se encuentran ubicada las instalaciones en Dope D.C costo que se genera debido a la inversión Tabla 35.

Tabla 35. Costos indirectos ocasionados durante el proceso de elaboración, con una capacidad de 120 L de APA.

Otros Servicios	Valor en pesos
Transporte de materia prima	8000
Sueldo de personal Administrativo	42303
Arrendamiento edificio de fábrica	800000
Total	850303,000

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los costos de producción ya sean directos o indirectos se tienen en cuenta para determinar el valor del producto final; para realizar esta labor se suman los flujos de dinero, para el listado echo de materias primas, servicios y otros gastos para lotes de 120L. El valor de la sumatoria de los gastos de operación en un solo conjunto es 1'597504\$. Después de haber supuesto un margen de ganancia del 30% se dispone a realizar el cálculo respectivo para el valor de producto, este dato corresponde a 8653\$ por botella de cerveza de vidrio ámbar de 354 cm³.

Por último, se hace una relación del precio por producto para cada uno del proceso tanto el del antiguo como el del nuevo, echo este se logra observar una diferencia de 350\$, favoreciendo las ganancias generadas en este nuevo proceso, además de considerar que con la capacidad de la sala de cocción actual logra cubrir la demanda actual del producto.

6. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los datos establecidos para cada uno de los parámetros fisicoquímicos de la cerveza que se elabora en una sala de cocción de 25L, en este caso un estilo American Pale Ale, representan valores dentro de los rangos establecidos por la guía de jueces cerveceros BJCP para el estilo; de esta forma se genera una idea clara del producto que se desea elaborar en la sala de cocción de 120L.
- Al lograr establecer las condiciones de operación de la nueva sala de cocción de 120L, se observan cambios en la forma que opera todo el tren de cocción ya que fue remplazado, su funcionamiento sufre leves cambios; mejorando características en cada una de las etapas, estos datos aportan una idea global satisfactoria mejorando, así el producto final.
- Además de producir cerveza en la sala de cocción de 120L se establecieron sus parámetros fisicoquímicos; al compararlos con los valores de la cerveza producida en lotes de 25L se refleja una relación de parentesco entre sus datos, de esta forma se establece y se considera como una cerveza artesanal American Pale Ale.
- Después de observar el impacto generado por los costos en ambos escenarios tanto como en el de 25L como en el de 120L, se determina que el precio por unidad vendida es mayor para la sala de cocción de 25L, favoreciendo así el menor costo que ocasiona producir una botella de cerveza en la nueva sala de cocción de 120L de la microcerveceria Dope D.C.
- Al culminar el proyecto de grado el cual tenía como fin establecer las condiciones de operación del nuevo tren de cocción que decidió invertir la microcerveceria Dope D.C. Se observa que con la puesta en marcha del proyecto se beneficia logrando cubrir la demanda local que era lo esperado por parte de la microempresa y así mitigar la pérdida en la inversión.

7. RECOMENDACIONES

Durante la ejecución del proyecto de grado, se generan ciertas sugerencias en puntos específicos del proceso, una vez son identificados, se esperan acciones de forma positiva, estas recomendaciones son:

- Debido a que el agua como materia prima es el factor más importante en la elaboración de cerveza. Se es necesario un pretratamiento en la recepción de dicha materia prima.
- Para un mejor aseo en los equipos en acero inoxidable es recomendable instalar el sistema CIP automatizado.
- Los desperdicios generados durante el proceso no se les presta ninguna atención alguna, para tener en cuenta en algún proyecto de reaprovechamiento, ya sea la levadura el bagazo resultante.
- Se recomienda a Dope D.C disponer de un punto de reacondicionamiento de botellas para su reutilización como material de empaque.
- Se recomienda finiquitar las instalaciones pendientes en la nueva sala de cocción y así contribuir a un mejor funcionamiento en su proceso de elaboración.

BIBLIOGRAFIA

ALMAJANO PABLOS, Maria Pilar. Diseño de una micro-planta de fabricación de cerveza y estudios de técnicas y procesos de producción. Trabajo de grado Ingeniería Química. Catalunya.: Universidad Politécnica de Catalunya. Departamento de Ingeniería Química, 2015. 60 p.

ÁLVAREZ GARCÍA, Guillermo. La ciencia de los alimentos y el pardeamiento enzimático [en línea]. Tesis, Escuela de Ingeniería en industrias alimentarias, 2009. [Consultado 20 de febrero 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1726/T-641.3-A45.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

APICULTURA WIKI. Definición de Diastasa. [En línea] 19 febrero de 2019, <https://apicultura.fandom.com/wiki/Diastasa>. [Consultado 19 febrero de 2019]

BIOLOGÍA, Conceptos Basicos [en línea]. Argentina: Universidad Nacional del Litoral, 2015-. [Fecha de consulta: 7 marzo 2019]. Disponible en: http://www.unl.edu.ar/ingreso/cursos/biologia/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/BIO_03.pdf.pdf

BJCP BEER STYLE GUIDELINES. Beer judge certification program. [En línea]. (2015). Disponible en: https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf

BROWN, Mike y WILMOTT, Brian. Brewed in Northants [en línea]. Boulder: Brewery History Society, 2010. Consultado el 27 de julio de 2018. Disponible en Internet: <https://www.brewersassociation.org/statistics/craft-brewer-defined/defidefined/defined/>

BROWN, Mike y WILMOTT, Brian. Brewed in Northants [en línea]. Boulder: Brewery History Society, 2010. Consultado el 27 de julio de 2018. Disponible en Internet: <https://www.brewersassociation.org/statistics/craft-brewer-defined/defidefined/defined/https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/consumer-business/2017/Cerveza-Artesanal-Mexico-2017.pdf>.

CASTRO, Diego. IBUS´s Métodos de cálculo y análisis de funciones. Berlín: Filminas Van der Saar, 2013. 35p. ISBN 10: 3-921 690-54-4

Color y amargor. [en línea]. México D.F: Cerveza casera, 2017-. [Fecha de consulta: 18 Agosto 2018]. Disponible en: <http://cervezacasera.com.mx/tabla-color-amargor/>
FLORES, Mauricio; PAUCAR, Danilo; SECAIRA, Laura. Aplicación de enzimas catalíticas en procesos fermentativos de la industria cervecera y de panificación. En: Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil. 5, febrero,2015. p.3

FRECCIA, Nico. The Power of pH [en línea]. Brew your own, The how-to homebrew beer magazine, 2017. Consultado el 31 de julio de 2018. Disponible en Internet: <https://byo.com/article/the-power-of-ph/>

GALO SANTIAGO ZAPATA. Proceso para obtener una bebida de bajo grado alcohólico a partir de la quinua. [en línea]. Trabajo de grado. Quito.: Universidad Central del Ecuador. Facultad de ingeniería química. 2016. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10052/3/T-UCE-0017-0041-2016.pdf>.

HOW IS THE BJCP ORGANIZED? [en línea]. Beer Judge Certification Program, 2014-. [Fecha de consulta: 9 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.bjcp.org/bjcpfaq.php>

MALT AROMA WHEEL. [en línea]. Bamberg: Weyermann® Malting Company, 2017-. [Fecha de consulta: 19 Agosto 2018]. Disponible en: https://www.weyermann.de/esp/gelbe_seiten_esp.asp?go=mr&umenu=yes&idmenu=95&sprache=5

MARIA SUAREZ. Cerveza: componentes y propiedades. [En línea]. Tesis de maestría. España. Universidad de Oviedo. (2013). 99 p. Disponible en: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/19093/8/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf.

MARTINEZ MUNOZ, Annabel. Análisis comparativos de compuestos bioactivos en cerveza artesanal y cerveza industrial. Trabajo de grado Ingeniería Química. Universidad de Lleida. Facultad de ingenierías. Departamento de Ingenierías, 2014. 18 p.

MÉTODOS DE CÁLCULO Y ANÁLISIS DE FUNCIONES [en línea]. BrewMaster, 2013-. [Fecha de consulta: 13 diciembre 2018]. Disponible en: <https://brewmasters.com.mx/como-medir-el-contenido-de-alcohol-en-la-cerveza/>

PALMER, Jhon. How to brew [en línea]. 1999. 40p [Consultado 15 de agosto 2018]. Disponible en: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fabrications-Objets-Outils-Produits/bieres/53735499-How-to-brew-John-Palmer-Espanhol.pdf>
PEREZ CALVO, Mar. Plagas Vegetales, Fusarium [en línea], Cosemar Ozono, 2017. [Consultado 21 de febrero 2019]. Disponible en: <https://www.cosemarozono.com/descargas/informe-eliminar-plagas-de-fusarium-en-agricultura-v2017.pdf>

POTENCIA Y ENERGIA LECTRICA [en línea]. eduMedia, 2019-. [Fecha de consulta: 20 abril 2019]. Disponible en: <https://www.edumedia-sciences.com/es/media/657-potencia-y-energia-electrica>

RODRIGUEZ CÁRDENAS, Héctor Alejandro. Determinación de parámetros Físico-Químicos para la caracterización de cerveza tipo Lager elaborada por compañía cervecera Kunstmann S.A. Trabajo de proyecto de grado de Licenciado en Ingeniería de Alimentos. Valdivia: Universidad Austral de Chile. Facultad de Licenciaturas, 2003,

SOLO ES CERVEZA. Templá. [En línea] 22 febrero de 2019, <https://soloescerveza.com/glosario/templá>. [Consultado 22 febrero de 2019

STRONG, Gordon, ENGLAND, Kristen. Beer Judge Certification Program. Guía de estilos de cerveza, 2015.

SUÁREZ DÍAZ, María. CERVEZA: COMPONENTES Y PROPIEDADES. Trabajo fin de master Biotecnología Alimentaria. Oviedo.: Universidad de Oviedo, 2013.

ANEXOS

ANEXO A

LABORATORIO DE COLORIMETRIA POR REFRACCIÓN SEGÚN MEBAK.

Métodos clave en detalle

Color de la cerveza

MEBAK, Wort, Beer, Beer-Based Beverages, 1ª edición, 2012, página 185 y siguientes.
ASBC Beer 10-A

Las unidades de la EBC y la ASBC se utilizan en toda Europa y en Estados Unidos para describir el color (más específicamente, la intensidad del color) de la cerveza y del mosto de cerveza. El valor estipulado por la European Brewery Convention (EBC) o la ASBC indica cuánta luz absorbe la cerveza de un determinado contenido de mosto original. El color real de cada cerveza es simplemente la variación de un tono marrón, que varía según la concentración de colores rojos, cobrizos y ámbar a tonos amarillo dorado y amarillo claro.

Además del color de la malta y del mosto de origen, la intensidad del color de la cerveza final también depende de muchos otros factores, como la preparación del mosto, el pH y el proceso de fermentación.

La medición del color puede parecer trivial. Sin embargo, es el color lo que produce la primera impresión en el cliente antes de consumir la cerveza. La obtención del color de cerveza establecido es, por tanto, un asunto importante que se puede controlar durante todo el proceso de fermentación.

La absorbancia de la cerveza se mide a una longitud de onda de 430 nm. Tradicionalmente, el color de la cerveza en unidades EBC es 10 x absorbancia a 430 nm medida en una cubeta de 1 pulgada (2,54 cm). Sin embargo, para MEBAK se estipula una cubeta cuadrada de 1 cm (10 mm). Por consiguiente, se aplica el siguiente cálculo para la determinación del color de la cerveza según MEBAK:

Absorbancia de la cerveza a 430 nm x 25 = Color en unidades EBC

Tradicionalmente, el color de la cerveza en unidades ASBC es 10 x absorbancia de la cerveza a una longitud de onda de 430 nm con una cubeta de ½ pulgada (1,27 cm). Con el uso de una cubeta intermedia estipulada de 1 cm (10 mm), se aplica el siguiente cálculo según el método de ensayo Beer-10A de la ASBC:

Absorbancia de la cerveza a 430 nm x 12,7 = Color en unidades EBC



ANEXO B

MAPA DE RIESGO PTAP FRANCISCO WEISNER

Tabla 6. Anexo Técnico II Res. 4716 de 2010

RED DE DISTRIBUCION						
Fecha muestra de agua en la red de distribución	Resultados de características físicas de la muestra de agua	Resultados de características químicas de la muestra de agua	Resultados de características microbiológicas de la muestra de agua	Características descartadas	Aplicación medida sanitaria de seguridad por las siguientes características	Observaciones
abr-12	Turb. = 0,43	Dur. T. = 20,0	Aceptable			Agua sin riesgo
	Color = 5	Alc. T. = 9,7				
	Cond. = 48	Fe = 0,04				
		Cl- = 4,04				
		Cl2 = 1,63				
		pH = 6,64				
may-12	Turb. = 0,43	Dur. T. = 20,6	Aceptable			Agua sin riesgo
	Color = 3	Alc. T. = 10,8				
	Cond. = 59	Fe = 0,00				
		Cl- = 7,27				
		Cl2 = 1,73				
		pH = 6,67				
jun-12	Turb. = 0,49	Dur. T. = 19,6	Aceptable			Agua sin riesgo
	Color = 2	Alc. T. = 8,3				
	Cond. = 46	Fe = 0,00				
		Cl- = 3,73				
		Cl2 = 1,5				
		pH = 6,67				
		Pb = ND				
		Hg = ND				
		Cd = ND				
		Organof = ND				
		Carbam = ND				

ANEXO C

CERTIFICADO DE CALIDAD PARA LA MALTA PALE ALE

CERTIFICATE

Patagonia Pale Ale

I.- Información General

Patagonia Pale ale es una base de malta de color claro, producida a partir de cebada de dos hileras, utilizando un proceso que horno especial con el fin de crear una malta altamente modificada para su uso como base en cualquier estilo de cerveza. Nuestra malta entrega sabores a nuez y malta además de contribuir un agradable color dorado. Se puede utilizar un máximo de 100% en todos los estilos de cerveza.

II.- Calidad

Apta para consumo humano y libre de sustancias dañinas o tóxicas.

III.- Calidad Sensorial

Apariencia : Grano friable de color amarillo/Dorado

Aroma : característico

Sabor : característico

IV.- Calidad Físico – Química

Análisis	Unidad de Medición	Resultados de Análisis
Lote	---	174732002021
Humedad	%	4.9
Color	°EBC	6.4
Extracto fino s.s.	%	80.1
Proteína	%	12.5
Kolbach	%	46.4
FAN	mg/l	226
pH	--	5.76
Viscosidad	Cp	1.49
Friabilidad	%	81.4
2.8+2.5 mm	%	96.8
<2.2 mm	%	0.8

ANEXO D

CERTIFICADO DE CALIDAD PARA LA MALTA CARA-AROMA

FOR THE BEST BEER

Palatia Malz GmbH • Postfach 10 43 20 • D-69033 Heidelberg

Kurfürsten-Anlage 52
D-69115 Heidelberg

Distrines Ltda
Cra 50A No 41B - 11 sur

T +49-(0) 6221-64660
F 49-(0) 6221-646699
E info@bestmalz.de

COL-111621 Bogota

Malt Analysis

Order details: **EXW Wallertheim**
PO#056 floorload

Delivery note No.	Date		Plant	Quantity
2017002323003	10.04.2018	BEST Caramel@ Aromatic (Malt) (in bags)	Wallertheim	0,500 to

Term	Analysis
------	----------

Moisture content	%	3,5
Extract fine grind, dry basis	%	77,7
Protein, dry basis	%	10,3
Wort colour	EBC	50,0
Wort	pH	5,40
Crop		2017

Lot ID **8122 CA50**
Expiry date **April 2020**

ANEXO D

CERTIFICADO DE CALIDAD PARA LA MALTA CARA-MÚNICH

Malt Analysis

Order details: **EXW Wallertheim**
PO#057 floorload

Delivery note No.	Date	Plant	Quantity
2017002323004	09.04.2018	BEST Munich (Malt) (in bags) Wallertheim	2,000 to

Term		Analysis
Moisture content	%	4,3
Extract fine grind, dry basis	%	81,6
Fine-coarse-difference	%	0,7
Viscosity (8,6%, mPa.s)	mPas	1,56
Friability	%	87,0
Glassiness	%	0,7
Protein, dry basis	%	10,8
Soluble nitrogen	mg/100g	672
Kolbach index	%	38,9
Hartong index (VZ 45° C)	%	38
Wort colour	EBC	15,0
Wort	pH	5,80
Crop		2017
Grading > 2,5 mm	%	94,2
Grading < 2,2 mm	%	0,8

Lot ID **8151 M15**
Expiry date **April 2020**

ANEXO F

PROGRAMA TÍPICO CIP

A manera de ilustración se describe un continuación el programa de CIP típico para la limpieza de un tanque.

Pre-Enjuague: limpieza con agua al clima, normalmente recuperada de un Cip anterior. Remueve los residuos sueltos, para evitar la contaminación de las soluciones limpiantes. Se asemeja a una limpieza mecánica.

Solución Alcalina: circulación de una solución alcalina caliente, normalmente soda cáustica a bajas concentraciones.

Enjuague: enjuague con agua al clima para limpiar residuos de la solución alcalina

Solución Ácida: circulación de una solución ácida caliente, normalmente ácido nítrico a bajas concentraciones.

Post-Enjuague: enjuague con agua al clima para limpiar residuos de la solución ácida.

Desinfección: circulación de agua caliente, con el fin de desinfectar el tanque

Enfriamiento: circulación de agua al clima para enfriar el sistema.



ANEXO G

CONTRATO DE COMPRA DE LA SALA DE COCCION DE 120I DE DOPE D.C



UNIVERSE BEVERAGE S.A.S

NIT: 900922854-4

CONTRATO CONSTRUCCION COCINA, FERMENTADOR Y BANCO DE FRIO PARA PRODUCIR LOTES DE 120 LTS DE CERVEZAS

1. PROPOSITO

El propósito de este contrato es la construcción DE UN FERMENTADOR CON CAPACIDAD PARA 120 LTS DE CERVETRES OLLAS (COCINA) PARA COCCIONES DE 60 LTS DE MOSTO Y BANCO DE FRIO CON CAPACIDAD DE REFRIGERACION DE 02 HP, en el cual el constructor se compromete en fabricar los equipos de acuerdo a características aceptadas en cotización presentada y aceptada por el propietario de los mismos.

2. LAS PARTES

Este contrato se celebra entre los señores. Heiner Lisander Rodriguez, identificado con la C.C. No. 1015419109 y Manuel Alejandro Ramirez Camacho, identificado con la C.C No. 1016034767; que para efecto de este contrato se llamaran LOS CONTRATANTES y el señor Ernesto Mosquera Córdoba, identificad con la C.C. No. 16.488.107, en representación de la empresa UNIVERSE BEVERAGE S.A.S. NIT: 900 922 854-4, que para efecto de este contrato se llamara EL FABRICANTE

3. CONDICIONES GENERALES

3.1 EL FABRICANTE se comprometen a entregar de acuerdo a cotización presentada y aceptada por LOS CONTRATANTES:

01 Sistema para purificación de agua: Permite retirar partículas en suspensión y disminuir olores e iones de cloro; sustancias que retardan la fermentación posterior del mosto así como la generación de cloro fenoles que dan mal sabor a la cerveza terminada; constituido por:

- 02 Cartuchos micro filtrante para retención de sedimento y partículas, sólidos suspendidos gruesos y finos presentes en el agua de red. Fabricado en polipropileno aglomerado para filtración en profundidad. Diámetro: 2.5" / Micras: 5; Doble extremo abierto.
- 01 Cartucho microfiltrante de carbón activado en bloque a base de cáscara de coco para retención de color, olor, sabor, cloro, tensoactivos. Diámetro: 2.5" / Micras: 5. Doble extremo abierto

03 Tanques para maceración de granos y extracción de mosto (Hot Liquor Tank, Mash Lauter Tank, kettle Tank): Constituido por

Calle 64G No: 85 – 42. Of. 101
Bogotá, D.C
Telf: 313 695 5860 – 57 (1) 456 5074



UNIVERSE BEVERAGE S.A.S

NIT: 900922854-4

CONTRATO CONSTRUCCION COCINA, FERMENTADOR Y BANCO DE FRIO PARA PRODUCIR LOTES DE 120 LTS DE CERVEZAS

Mash Lauter Tank

- Fabricado completamente en acero inoxidable calidad A.I.S.I. 304 – 2B (Opaca)
- Volumen total: 50 Lt
- volumen de trabajo: 65 Lt
- Compuerta superior de productos triturados y retirada de afrecho.
- Fondo cónico y pestañeado.
- Cámara recolectora de gases de 1.5 mm de espesor.
- Tuberías para recirculación y salida de mosto
- Sistema de agitación de la Mezcla agua –grano con moto reductor de 0,5 hp

Tanque para cocción y recirculación de de mosto (Kettle Tank)

- Fabricado completamente en acero inoxidable calidad A.I.S.I. 304 – 2B (Opaca)
- Volumen total: 70 Lts
- Volumen de trabajo: 77 Lts.
- Manhole superior para adición de lúpulo.
- Pulimento según norma NTC 3559 Icontec.
- Entrada brazo whirlpool.
- Cámara recolectora de gases de 1.5 mm de espesor
- Tuberías para entrada y salida de mosto

Tanque para hervido de agua (Hot Liquor Tank)

- Fabricado completamente en acero inoxidable calidad A.I.S.I. 304 – 2B. (Opaca)
- Volumen total: 120 Lts.
- Volumen de trabajo: 100 Lts.
- Compuerta superior importada para inspección. (Man Hole)
- Cámara recolectora de gases de 1.5 mm de espesor.
- Pulimento según norma NTC 3559 Icontec.
- Tuberías para entrada y salida de agua

01 Unitanque (Fermentadores) para producir 120 Lts netos de cerveza

- Fabricado completamente en acero inoxidable Calidad A.I.S.I. 304 2B. (Opacas)
- Volumen total 150 litros, volumen de trabajo: 120 Litros.
- Espesor superior bombeado y pestañeado 2,5 mm
- Camisa de refrigeración en dos secciones para circulación de agua glicolada con sistema de mple jacket norma ASME 2007.
- Protección de poliuretano en 1.5 mm de espesor.
- CIP SPRAY-BALL para limpieza y desinfección en situ.
- Válvula control presión (15 psig) y vacío (5 Psig) importada
- Presión de diseño: 30 PSI. Presión de trabajo: 15 PSI

Calle 64G No: 85 – 42. Of. 101
Bogotá, D.C
Telf: 313 695 5860 – 57 (1) 456 5074



UNIVERSE BEVERAGE S.A.S

NIT: 900922854-4

**CONTRATO
CONSTRUCCION COCINA, FERMENTADOR Y BANCO DE FRIO PARA
PRODUCIR LOTES DE 120 LTS DE CERVEZAS**

01 Banco de frío para controlar la temperatura de fermentación del mosto

- Compresor de media baja de 02 Hp TKUNZE Trifásico
- Unidad condensadora de 02 hp Sistema de protección térmica en caso de corte de fluido eléctrico
- Inyección por tobera de expansión con gas ecológico
- Estructura protectora de dicha unidad.
- Bomba de recirculación de glicol 0,5 hp
- Evaporador tipo intercambiador de placas sellado
- Panel con controlador de temperatura digital para inspección y programación de temperatura del banco de frío, conectada a la unidad de refrigeración.

3.2 Cualquier diferencia con la cotización será un error asumido por El FABRICANTE y cualquier modificación a la cotización aceptada se podrá realizar pero el FABRICANTE el cual asumirá la libertad de establecer los costos de acuerdo con la dificultad y complejidad de los cambios solicitados por EL CONTRATANTE.

3.3 Los tiempos de entrega de los tanques construídos será de 08 semanas a partir del momento que se perfeccione este contrato y se reciba el primer desembolso pactado entre El FABRICANTE Y EL CONTRATANTE. EL FABRICANTE asumirá una responsabilidad de la no entrega en los tiempos aquí estipulados en los cuales asumirá un 2% de reducción en el precio inicial por cada cuatro semanas de atraso en los tiempos acordados. Se establece un extra tiempo como periodo de gracia para la entrega de los equipos por razón de causa mayor o por cambios drásticos de la economía como la devaluación del peso Colombiano, que afecten la importación de las partes involucradas en el proceso de manufactura de estos equipos. Estas demoras serán informadas a EL CONTRATANTE por parte del FABRICANTE

3.4 EL FABRICANTE asumirá todos los riesgos y extra costos que se puedan llegar a generar de las partes e implementos que requieran los equipos, acordados en la cotización aprobada (firmada con confirmación de esto por parte del CONTRATANTE) y que por una razón u otra al momento del ensamblaje no cumplan los requisitos establecidos en la cotización aceptada sin que esto signifique un extra costo para el CONTRATANTE

3.5 PRECIOS. De acuerdo con la cotización adjunta a este contrato el valor CONSTRUCCION DE LOS EQUIPOS, es de \$ 20.000.000

3.8 El CONTRATANTE se encargara del traslado de los equipos que hacen parte del presente contrato hacia su lugar de instalación.

Calle 64G No: 85 – 42. Of. 101

Bogotá, D.C

Telf: 313 695 5860 – 57 (1) 456 5074



UNIVERSE BEVERAGE S.A.S

NIT: 900922854-4

**CONTRATO
CONSTRUCCION COCINA, FERMENTADOR Y BANCO DE FRIO PARA
PRODUCIR LOTES DE 120 LTS DE CERVEZAS**

4. CONDICIONES GENERALES DE PAGO

EL CONTRATANTE darán al FABRICANTE para el inicio de la obra el 60% del valor de la cotización aprobada y se harán pagos adicionales al progreso de la manufactura de estos, a la semana 2 o el 20% de la manufactura de los equipos previa inspección del CONTRATANTE del progreso de la manufactura de los equipos y el 20% a la entrega final de estos.

Se firma como constancia, a los 24 días del mes de Febrero de 2016, en la ciudad de Bogotá

Ernesto Mosquera Córdoba

CC: 16.486.107

Universe Beverage S.A.A

NIT: 900 922 854-4

FABRICANTE

Heiner Lisander Rodríguez

C.C. No. 1015419109

CONTRATATE

Manuel Alejandro Ramírez Camacho

C.C No. 1016034767

CONTRATATE

Calle 64G No: 85 – 42. Of. 101
Bogotá, D.C
Telf: 313 695 5860 – 57 (1) 456 5074

ANEXO H

FICHA TECNICA DE LA BOMBA CHUGGER



Description

CPSS-IN-1

CPSS-IN-1 316 STAINLESS STEEL (Front Housing), 316 Stainless Steel (Rear Housing), Teflon (Thrust Washer), CLEAR Silicone (O-Ring), Ryton / Teflon Impeller

Inlet 1/2" MPT & Outlet 1/2" MPT

- Max Flow: 7 GPM 26.5 LPM
- Max Head: 18.6 FT 4.1 M
- Power: 1/20 HP (.04 HP) .029 KW
- Electrical: 115V 50/60HZ
- Non-Submersible
- Motor AMP Rating – Full Load Amps (FLA)
- Motor Only: 1.7 Amps
- Motor and Pump: 1.9 Amps
- Can handle liquids of 250°F
- Materials are FDA Food Compliant
- UPC: 852575006174

Components are UL Recognized

The ETL Listed Mark indicates to distributors, retailers and customers that your product has been tested by Intertek and found in compliance with accepted national standards. [Click Here](#) for more information.

[Chugger Classic's](#)



ANEXO I

ESPECIFICACIONES DE LA CALIDAD DEL GAS NATURAL

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL GAS NATURAL EN EL PUNTO DE ENTRADA DEL SISTEMA NACIONAL DE TRANSPORTE DE GAS

- NÚMERO DE WOBBE -

1. ANTECEDENTES

1.1 Regulación Vigente sobre Calidad

Mediante la Resolución CREG 071 de 1999 se adoptó el Reglamento Único de Transporte de Gas Natural –RUT-. En el numeral 6.3 del RUT, modificado mediante la Resolución CREG 054 de 2007, se establecen las especificaciones de calidad del gas natural entregado al Transportador por parte del Remitente en el Punto de Entrada al Sistema de Transporte así:

6.3 CALIDAD DEL GAS

El Gas Natural entregado al Transportador por el Agente, en el Punto de Entrada del Sistema de Transporte y por el Transportador en el Punto de Salida, deberá cumplir con las especificaciones de calidad indicadas en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Especificaciones de Calidad del Gas Natural

<i>Especificaciones</i>	<i>Sistema Internacional</i>	<i>Sistema Inglés</i>
Máximo poder calorífico bruto GHV) (<i>Nota 1</i>)	42.8 MJ/m ³	1.150 BTU/ft ³
Mínimo poder calorífico bruto (GHV)(<i>Nota 1</i>)	35.4 MJ/m ³	950 BTU/ft ³
Contenido de Líquido (<i>Nota 2</i>)	Libre de líquidos	Libre de líquidos
Contenido total de H ₂ S máximo	6 mg/m ³	0.25 grano/100PCS
Contenido total de azufre máximo	23 mg/m ³	1.0 grano/100PCS
Contenido CO ₂ , máximo en % volumen	2%	2%
Contenido de N ₂ , máximo en % volumen	3	3
Contenido de inertes máximo en % volumen (<i>Nota 3</i>)	5%	5%
Contenido de oxígeno máximo en % volumen	0.1%	0.1%
Contenido máximo de vapor de agua	97 mg/m ³	6.0 Lb/MPCS
Temperatura de entrega máximo	49 °C	120°F
Temperatura de entrega mínimo	7.2 °C	45 °F
Contenido máximo de polvos y material en suspensión (<i>Nota 4</i>)	1.6 mg/m ³	0.7 grano/1000 pc

ANEXO J

CIRCULAR N° 004 DE LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS

CIRCULAR No.004

PARA: **EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTIBLE POR REDES DE DUCTOS E INSTALACIONES SURTIDAS A PARTIR DE TANQUES ESTACIONARIOS.**

DE: **Dirección Ejecutiva**

ASUNTO: **Aclaración del Art.2º. de la Res. CREG-154/97**

SANTA FE DE BOGOTÁ, D.C., 20 de abril de 1998

Para la sustitución del uso de energía eléctrica por gas es conveniente que los consumidores tengan un mecanismo adecuado para que puedan hacer la comparación entre el valor del consumo de energía en gas combustible y el valor del consumo de la energía equivalente en energía eléctrica. Por esta razón se estableció la Res. CREG-154/97.

Para precisar la información que las empresas distribuidoras de combustible por redes de ductos e instalaciones surtidas a partir de tanques estacionarios, deben incluir en las facturas según el Art.2 de dicha resolución, realizamos el siguiente ejemplo:

Supongamos que un usuario final de una empresa distribuidora de gas natural tiene un consumo medido durante un periodo de facturación dado de 30 m³, y que el poder calorífico del gas facturado al usuario en ese periodo es de 38.2 MJ/m³ (Megajulios por metro cúbico). Si el ejemplo es de GLP, éste puede tener valores del orden de 100 MJ/Galón.

Como el poder calorífico es el contenido en energía del gas, si se multiplica por el consumo medido se obtiene el contenido de energía del gas que consumió el usuario, así:

$$38.2 \text{ MJ/m}^3 * 30 \text{ m}^3 = 1146 \text{ MJ}$$

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS

Como un kWh corresponde a 3.6 MJ, al dividir el contenido de energía anterior por 3.6 se obtiene dicho contenido en kWh, así:

$$1146 \text{ MJ} / 3.6 \text{ MJ/kWh} = 318 \text{ kWh}$$

Ya tenemos entonces el gas consumido tanto en m³ como su equivalente en kWh.

Supongamos que la tarifa de este usuario es de 159.18 COL\$/m³. El valor del gas consumido por el usuario en el periodo es:

$$30 \text{ m}^3 * 159.18 \text{ COL\$/m}^3 = 4775.40 \text{ COL\$}$$

Es decir, que si lo miramos del lado de los kWh, la tarifa la obtenemos dividiendo este valor por los 318 kWh, así:

$$4775.40 \text{ COL\$} / 318 \text{ kWh} = 15.01 \text{ COL\$} / \text{kWh}$$

De esta forma, para dar cumplimiento al Art.2 de la Res. CREG-154/97, la empresa debe incluir en la factura la siguiente información:

PODER CALORÍFICO MJ/m3			
38.2			
GAS CONSUMIDO		COSTOS UNITARIOS	
m3	KWh	COL\$/ m3	COL\$/kWh
30	318	159.18	15.01

Es importante que las equivalencias de las unidades empleadas sean las correctas.

Esperamos que esta circular arroje claridad con relación a la información a incluir así como de lo que se busca al hacerlo, para que no se den interpretaciones erróneas.

Para cualquier aclaración adicional les rogamos contactar a Marcela Loboguerrero en la CREG.