

**TRAZABILIDAD DEL COMPORTAMIENTO DE LAS UNIDADES DE
AMARGO CON LÚPULO PREISOMERIZADO DURANTE EL PROCESO DE
ELABORACIÓN DE MOSTO ESTÁNDAR EN LA CERVECERÍA DE
BUCARAMANGA**

CARLOS ALBERTO NIÑO BECERRA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2010.**

**TRAZABILIDAD DEL COMPORTAMIENTO DE LAS UNIDADES
AMARGO CON LÚPULO PREISOMERIZADO DURANTE EL PROCESO DE
ELABORACIÓN DE MOSTO ESTÁNDAR EN LA CERVECERÍA DE
BUCARAMANGA**

CARLOS ALBERTO NIÑO BECERRA

**Trabajo de Grado presentando como requisito para optar el título de
Ingeniero Químico.**

Director

**Ingeniero Químico. Jairo Avila Valderrama.
Gerente de Producción Cervecería de Bucaramanga.**

Codirector

**M.Sc. CRISÓSTOMO BARAJAS FERREIRA.
Universidad Industrial de Santander.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2010.**

DEDICATORIA

*Hoy quiero dedicar este triunfo a Dios mi guía inalcanzable de cada día por darme
para afrontar cada etapa de mi vida.*

*A mi mamá Alba Luz Becerra, quien desde la eternidad guía mis pasos
Elizabeth Cortez y José Joaquín Niño, por su apoyo incondicional y su compañía
momentos en que más necesito.*

*A mis hermanos Jaysson, Kevin y Felipe, por estar siempre a mi lado y por ser
motivación para alcanzar mis metas.*

*A mis abuelitos Leonilde Fresneda, Berta Becerra y Bernardo Becerra y en general
familia Becerra.*

*A Maleja mi compañera incondicional y motivo de mis alegrías, quien es la persona
quiero compartir todos y cada uno de los sueños, metas y proyectos.*

*Y por último a mis amigos Jairo, Santiago, Yeni Milena y Alvarito, por tan hermosa
y ayuda en los momentos difíciles.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Cesar Augusto Gómez, director de la cervecera Bucaramanga, por brindarme la oportunidad de desarrollar mi experiencia empresarial en la cervecería, la cual ha enriquecido enormemente mi formación profesional.

A los Ingenieros Jairo Avila, Cristian Villamizar y Alexander Jimenez por su apoyo, experiencia y consejos impartidos durante el desarrollo del proyecto.

El más especial e inmenso agradecimiento a todo el personal de la cervecera Bucaramanga, por su calidad, grandiosos profesionales y excepcionales seres humanos.

A todos y cada uno de los operarios del área de producción, sus compañeros y apoyo, permitieron concluir satisfactoriamente esta práctica empresarial.

A mi codirector el profesor Crisóstomo Barajas Ferreira le doy las gracias por sus consejos y apoyo, que me permitieron el buen desempeño para el desarrollo de mi carrera.

Finalmente agradezco a la Universidad Industrial de Santander y la Facultad de Ingeniería Química, que me permitió adquirir los conocimientos para mi formación como profesional.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|--|
| INTRODUCCION | |
| 1. CONCEPTOS TEORICOS | |
| 1.1 LÚPULO: DESCRIPCIÓN Y PRODUCCIÓN | |
| 1.2 COMPONENTES DEL LÚPULO | |
| 1.3 COMPUESTOS AMARGOS..... | |
| 1.4 ACEITE DE LÚPULO | |
| 1.5 TANINOS O POLIFENOLES | |
| 1.6 PRODUCTOS DE LÚPULO | |
| 1.6.1 PELLETS DE LÚPULO | |
| 1.6.2 EXTRACTO DE LÚPULO | |
| 1.7 EL LÚPULO EN EL PROCESO CERVECERO | |
| 2. DESARROLLO EXPERIMENTAL | |
| 2.1 PESO DE LÚPULO EN PELLETS PREISOMERISADO | |
| 2.2 ANALISIS EN MOSTO ESTANDAR | |
| 2.3 ANALISIS EN FERMENTACIÓN..... | |
| 2.4 MONITOREO DE INGRESO DE AGUA EN EL LLENADO DE FERMENTADORES | |
| 2.5 ANALISIS EN MADURACIÓN | |
| 2.6 ANALISIS BBT | |
| 2.7 PRODUCTO TERMINADO | |
| 3. RESULTADO Y ANALISIS | |
| 3.1 ANÁLISIS DOSIFICACIÓN | |
| 3.2 ANÁLISIS DE UNIDADES DE AMARGO EN MOSTO Y FERMENTACIÓN..... | |
| 3.3 ANÁLISIS DE UNIDADES DE AMARGO EN MADURACIÓN Y PRODUCTO TERMINADO | |
| 3.4 ANÁLISIS DIARIO DE UNIDADES DE AMARGO DURANTE E PROCESO DE FERMENTACIÓN | |
| 3.5 ANÁLISIS DIARIO DE UNIDADES DE AMARGO DURANTE E PROCESO DE MADURACIÓN | |

| | |
|---|--|
| 3.6 ANÁLISIS DE UNIDADES DE AMARGO EN BBT'S Y PRODU | |
| TERMINADO | |
| 3.7 ANÁLISIS SOBRELLENADO DE TANQUES | |
| 4. CONCLUSIONES | |
| 5. RECOMENDACIONES | |
| BIBLIOGRAFIA | |
| ANEXOS | |

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Límites de especificación Unidades de Amargo

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Dosificación mes de Enero.

Gráfica 2. Dosificación mes de Febrero.

Gráfica 3. Dosificación mes de Marzo.

Gráfica 4. Unidades de amargo en mosto y fermentación.

Gráfica 5. Unidades de amargo en Maduración y Producto Terminado.

Gráfica 6. Unidades de amargo diario durante el proceso de fermentación.

Gráfica 7. Unidades de amargo diario en proceso de maduración.

Gráfica 8. Unidades de amargo en BBT'S y producto terminado.

Gráfica 9. Sobrellenado de tanques mes de Enero.

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.. Diagrama general de la metodología de trabajo.

Figura 2. Dosificadores de lúpulo.

Figura 3. Espectrofotómetro Shimadzu.

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. GENERALIDADES DEL LÚPULO.

Anexo 2. COMPONENTES DE LOS COMPESTOS AMARGOS

Anexo 3. COMPONENTES DE ACEITE DE LÚPULO.

Anexo 4. FABRICACION PELLETS TIPO 90

Anexo 5. FABRICACION PELLETS ENRIQUECIDO TIPO 45

Anexo 6. FABRICACION DE PELLETS ISOMERIZADOS

Anexo 7. DIAGRAMA DE TOMA DE MUESTRAS

Anexo 8. ECUACIONES CALCULO DOSIFICACION DE LUPULO

Anexo 9. DOSIFICACIÓN MES DE ENERO

Anexo 10. DOSIFICACIÓN MES DE FEBRERO

Anexo 11. DOSIFICACIÓN MES DE MARZO.

Anexo 12. UNIDADES DE AMARGO EN MOSTO, FERMENTACIÓN
MADURACIÓN Y PT DEL MES DE ENERO.

Anexo 13. SEGUIMIENTO DIARIO FERMENTACIÓN TANQUES G

Anexo 14. SEGUIMIENTO DIARIO FERMENTACIÓN TANQUES P

Anexo 15. SEGUIMIENTO DIARIO MADURACIÓN TANQUES GRA

Anexo 16. SOBRELLENADO DE TANQUES MES DE ENERO.

Anexo 17. VISOR DEL BASCULANTE.

Anexo 18. OLLA DE COCCIÓN.

GLOSARIO.

Atenuación: Disminución de la densidad del mosto durante su fermentación ocasionada principalmente por la conversión del azúcar en alcohol. Se expresa como el porcentaje de disminución, mediante la expresión $(E - E1) / E$, donde E es el extracto inicial del mosto y E1 es el valor del extracto al momento en que se determina la atenuación.

Cerveza verde: Es la cerveza que se encuentra antes del proceso de maduración.

Espejo de tanque Fermentador: Es el panel que sirve para las conexiones manuales de la tubería para llenar, desocupar y realizar mantenimiento al Tanque.

Mosto: El mosto es el líquido que contiene azúcares fermentables y proteínas para obtener la cerveza luego del proceso de fermentación y filtración sucesivas. El mosto resulta de la mezcla de los ingredientes de elaboración de la cerveza (malta, agua, lúpulo, levadura y aditivos).

Pellets: Pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido.

Seis Sigma: Metodología para evaluar y mejorar la capacidad de los procesos reduciendo la variabilidad y los defectos y asegurando el cumplimiento de las especificaciones, obteniendo así la satisfacción del cliente.

Trub: Masa amorfa compuesta de proteínas coaguladas, algunas de ellas que se forman durante la ebullición del mosto en la olla de cocción.

Whirlpool: Es un recipiente vertical cilíndrico utilizado para la extracción de trub caliente, en el cual el mosto es introducido tangencialmente, por el fondo. De este modo, se produce un flujo rotatorio el cual causa que el trub se acumule formando una torta.

RESUMEN

TÍTULO: TRAZABILIDAD DEL COMPORTAMIENTO DE LAS UNIDADES DE AMARGO DE LÚPULO PREISOMERIZADO DURANTE EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MOSTO ESTÁNDAR EN LA CERVECERÍA DE BUCARAMANGA *

AUTOR: CARLOS ALBERTO NIÑO BECERRA**

PALABRAS CLAVE: Amargo, Lúpulo preisomerizado en pellets, Mosto estándar, lúpulo, Ingreso de agua empuje. Rebotes de espuma.

CONTENIDO:

El proceso principal en la elaboración de cerveza es la fermentación del azúcar con el mosto. A los efectos de crear las precondiciones para ello, es necesario convertir a las enzimas formadas, los componentes inicialmente insolubles de la malta en componentes fermentables. La conversión y disolución de estos componentes es el proceso principal de la elaboración de mosto.

El proceso de elaboración de mosto en la cervecería de Bucaramanga cuenta con operaciones automatizadas y semiautomatizadas, incluidos en las recetas se tienen en cuenta el alistamiento y pesaje de las materias primas, tales como malta, adjuntos, agua y lúpulo, pero no por ello menos importante el lúpulo.

Durante la cocción del mosto pasan a éste componentes amargos y aromáticos. En la elaboración de cerveza se utilizan únicamente las inflorescencias de las plantas (humulus lupulus), estas contienen las resinas amargas y los aceites esenciales que suministran a la cerveza los componentes amargos y aromáticos.

Por esta razón, la cervecería de Bucaramanga busca enfocarse en la influencia del lúpulo en pellets dosificado en la olla de cocción, buscando indicadores de cómo se puede aprovechar mejor dicho material.

* Práctica Empresarial

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Dr. Avila Valderrama Cervecería de Bucaramanga. Co-Director: M.Sc Crisóstomo Bar

ABSTRACT

TITLE: TRACEABILITY OF THE BEHAVIOR OF THE BITTER UNITS PREISOMERIZED DURING THE PROCESS OF ELABORATION OF MUSTS IN THE BUCARAMANGA'S BREWERY.*.

AUTHOR: CARLOS ALBERTO NIÑO BECERRA **.

KEY WORDS: Bitter, Hop Preisomerized In Pellets, Standard Wort, Extract of Hop, Foam, Ingress of Water Push.

CONTENT:

The principal process in the elaboration of beer is the fermentation of the sugar content of the wort. To the effects of creating the preconditions for it, it is necessary to turn, with the enzymes formed, the initially insoluble components of the malt in fermentable components. The conversion and dissolution of these components is the purpose of the elaboration of wort.

The process of elaboration of wort in Bucaramanga's Brewery possesses a series of semiautomated systems of operation, included in the recipes they begin with the weighing of the raw materials, such as malt, adjuncts, and last but not least hop.

During the baking of the wort pass to this bitter and aromatic components of the hop (Hops, *Humulus lupulus*), these contain the bitter resins and the oils of hop that give him to the beer its bitter and aromatic components.

For this reason, Bucaramanga's brewery seeks to focus on the influence of the temperature dosed in the pot of baking, looking for indicators of how it could increase the utilization of raw materials.

* Internship, Bucaramanga Brewer.

** Physical and Chememical Department. Chemical Engineering Department,. Director: Jairo Avila Valderrama Bucaramanga Brewer.. Co-Director: M.Sc Crisóstomo Barona

INTRODUCCION

En los cinco continentes, cada año se fabrican y se beben alrededor de 1.5 millones de hectolitros de cerveza. Las primeras descripciones de la fabricación de cerveza se remontan a casi 5000 años. Investigaciones científicas han demostrado, fuera de toda duda, que un consumo moderado de cerveza tiene efectos positivos en la salud humana.

SABMiller es el segundo grupo más importante de cervezas y bebidas en el mundo. Actualmente posee más de 200 marcas cerveceras que se distribuyen en 75 países. El Grupo cuenta con cerca de 70.000 empleados y sus ventas anuales alcanzan los 210 millones de hectolitros de cerveza.

Bavaria se consolida como la segunda operación más importante del Grupo Cerveceros SABMiller en el mundo. Pues representa el 9% de las ventas de SABMiller y el 11% de sus ingresos totales.

De la misma manera, Bavaria ha venido asimilando los principios de la operación de SABMiller en los campos de producción, calidad, compras, procesos de distribución, ventas, finanzas y mercadeo, como así como de los estándares y protocolos definidos por la compañía en los países donde opera.

A partir de la fusión, Bavaria introdujo en su portafolio marcas internacionales de SABMiller como la italiana Peroni, en 2006, la sudafricana Redd' Barena, de corta vida comercial.

SABMiller posee una cultura orientada a la calidad, y a la ejecución de estándares mundial, con énfasis en la salud y el valor de sus marcas, que se ejerce a través del buen manejo de indicadores de calidad y el despliegue de los mismos en todos los niveles de la organización; el esquema de mejoramiento

estándares de calidad, basados en los principios de Manufactura Mundial.

Todo esto compromete a Bavaria S.A y SABMiller plc, a imponer en la fabricación de cerveza las más altas exigencias en lo que respecta a la calidad de las materias primas, de los equipos y de los procesos.

En la elaboración de cerveza, el lúpulo preisomerizado en pellets es añadido a la olla de cocción durante la ebullición del mosto para aportar los componentes amargos y aromáticos a la cerveza, debido a la cocción se produce una isomerización del alfa-ácido insoluble a iso- alfa-ácido soluble.

La pelletización de lúpulo es un método muy efectivo para la conservación de los compuestos amargos. Para ello el lúpulo es pulverizado y luego aglutinado hasta obtener pellets, de esta forma puede ser adicionado fácilmente al mosto.

En la industria cervecera son utilizados tres tipos de pellets; pellets estándar tipo 45 y pellets isomerizados. Por razones de conservación se empaca al vacío con un ligero lavado con un gas inerte (CO_2 , N_2O) en un contenedor de aluminio de capacidad variable (de 2 a 150 kg neto siendo el más común el empaque de 18 a 20 kg), forrado por dentro y por fuera en polietileno alimenticio, el cual se embala en una caja de cartón.

En el desarrollo de la práctica fundamentalmente lo que se realizó fue estandarizar la dosificación del lúpulo en pellets, es decir, que había una dosis mínima en la cantidad de kilogramos dosificados por cada hectolitro. Posteriormente, se dirigió el estudio hacia el comportamiento de la amargura de amargo aportadas inicialmente al mosto por lúpulo preisomerizado y extracto de lúpulo, dosificados en la olla de cocción en las etapas de:

1. Elaboración de mosto estándar.¹
2. Fermentación.
3. Maduración.
4. BBT's².
5. Producto terminado.

Profundizando en las etapas de elaboración de mosto estándar, fermentación y maduración.

Lo anterior con el propósito de mantener los esquemas de seguridad y desempeño (PM) y en conjunto con programas que están relacionados como Manufactura de Clase Mundial (MCM) y Seis Sigma.

La toma de muestra y análisis de estas se realizaron bajo instrucciones por SABMiller según métodos internacionales de análisis de la Asociación Americana de Química Cervecera (ASBC), bajo la supervisión del Departamento de Producción y Calidad.

¹ La Cervecería de Bucaramanga elabora en la actualidad tres tipos de mosto: Mosto Estándar, para sus marcas Aguila, Poker y Costeñita. Mosto Pilsen.

Mosto Aguila Light.
² Tanques de cerveza brillante

1. CONCEPTOS TEORICOS

La fabricación de cerveza probablemente es la empresa biotecnológica más antigua en el mundo; en la cual se requiere materias primas de alta calidad para la obtención de un buen producto terminado.

La cerveza es la bebida resultante de la fermentación alcohólica de azúcares por levaduras seleccionadas según el tipo de fermentación, de un mosto procedente de malta de cebada sola o mezclada con adjuntos (arroz, maíz, trigo) amiláceos transformables en azúcares por digestión en agua, y adicionado con lúpulo entero o sus productos y sometido a un proceso de ebullición.

El lúpulo es el producto característico que le da el sabor amargo a la cerveza mediante un proceso de transformación de sus propiedades, por lo que este ingrediente es fundamental en la elaboración de la cerveza, por lo que a continuación se realizará una descripción detallada de este ingrediente prima; de sus diferentes productos, variedades, componentes y su aplicación en el proceso cervecero.

1.1 LÚPULO: DESCRIPCIÓN Y PRODUCCIÓN

El Lúpulo es una planta trepadora, perenne, dioica, perteneciente a la familia de las urticáceas y la familia cannabaceae.

En la elaboración de cerveza se utilizan únicamente las inflorescencias de las plantas femeninas (*Humulus Lupulus*), estas contienen las resinas y los aceites de lúpulo que le suministran a la cerveza los componentes amargos y aromáticos.

El cultivo del Lúpulo es realizado en zonas especiales, en las que se dan las condiciones para ello. Luego de la cosecha, se realiza el procesamiento y el preparado, para evitar pérdidas de sustancias amargas³.

1.2 COMPONENTES DEL LÚPULO

La composición de Lúpulo tiene una gran influencia sobre la cerveza fabricada a partir de éste. En su materia seca, el Lúpulo está compuesto por: Compuestos Amargos (18,5%), Aceite de Lúpulo (3,5%), Taninos (3,5%), Proteína (20%), Sustancias minerales (8%); el resto está compuesto por celulosa y otras sustancias que no son de importancia para la fabricación de la cerveza. Los componentes más importantes para la fabricación de cerveza son los Compuestos Amargos y Aceite de Lúpulo.

1.3 COMPUESTOS AMARGOS

En un estado temprano de desarrollo, la planta del Lúpulo forma un compuesto ligeramente amargo, el cual es secretado en las glándulas de lúpulo. Este compuesto se encuentra en formación. A lo largo del proceso de maduración, estos β -ácidos se convierten en alfa-ácidos, notablemente más amargos.

Los alfa-ácidos o humulonas son por lejos los compuestos más importantes para el amargo de la cerveza, estos determinan en gran parte el valor comercial del lúpulo. Por ello se intensificó en las últimas décadas el cultivo de variedades de alto contenido de alfa-ácidos. Actualmente hay en el mundo variedades de lúpulo con un contenido de alfa-ácidos de 12 y de 25% y de 12 con una porción de cohumulona⁴ menor a 25% [2][3]. El cultivo de variedades de lúpulo de alto contenido de alfa-ácidos, ricas en valor de amargo, representa una porción creciente del 8.8% en el ámbito mundial.

Los alfa-ácidos, inicialmente insolubles, son isomerizados en la cerveza mosto y convertidos de esta manera en iso alfa-ácidos solubles.

³ Ver Anexo 1. Generalidades Del Lúpulo.

⁴ La Cohumulona, se le asigna una función negativa para el amargo de la cerveza.

compuestos amargos son los componentes más valiosos y más caros del Lúpulo. Ellos le otorgan el sabor amargo a la cerveza, mejoran la estabilidad de la espuma y aumentan por medio de sus propiedades antisépticas, la estabilidad biológica de la cerveza. Los compuestos resinas de lúpulo son divididos, de acuerdo a su solubilidad⁵.

1.4 ACEITE DE LÚPULO

Los aceites de lúpulo (la fracción de lupulina destilable al vapor y no soluble en agua) es una mezcla extremadamente compleja de hidrocarburos y compuestos oxigenados⁶ [4]. Los lúpulos que se utilizan por su contenido en aceite son los llamados lúpulos aromáticos, estas son variedades como Cascade y de aroma fino y con valores de alfa-ácidos de solamente 4 a 6%.

1.5 TANINOS O POLIFENOLES

El lúpulo contiene de 2 a 5% de taninos en la materia seca los cuales se encuentran casi exclusivamente en las brácteas y los raquis. Los taninos tienen algunas propiedades importantes para el cervecero: sabor astringente (sensación mixta entre sequedad intensa y amargo) y capacidad de combinarse con sustancias albuminoideas complejas y de precipitarlas.

1.6 PRODUCTOS DE LÚPULO

Cada vez son menos las fábricas de cerveza que utilizan lúpulo entero, debido a que la utilización de los productos de lúpulo ofrecen ventajas tales como:

- Uniformidad en el amargo de la cerveza.

⁵ Ver anexo 2. Componentes De Los Compuestos Amargos.

⁶ Ver anexo 3. Componentes De Aceite De Lúpulo.

- Los productos de lúpulo pueden ser almacenados por lapsos más largos; de esta manera es posible mantener la disponibilidad de lúpulo de cosechas convenientes.
- Los productos de lúpulo reducen costos de transporte y almacenamiento.

1.6.1 PELLETS DE LÚPULO

La pelletización del lúpulo es un método muy efectivo para la conservación de las sustancias contenidas; en la cual el lúpulo es pulverizado y comprimido hasta obtener pellets, estos se clasifican en tres tipos:

PELLETS TIPO 90⁷

En la fabricación de pellets tipo 90 se producen 90kg de polvo a partir de 100kg de lúpulo crudo. Este polvo contiene todas las sustancias importantes del lúpulo original. [5]

PELLETS ENRIQUECIDO TIPO 45⁸

Para la fabricación de pellets enriquecidos con lupulina tipo 45 se busca por medio de repetidas trituraciones y tamizados; separar la lupulina del cono del lúpulo hasta obtener el mayor contenido de lupulina molido fino compuesto por las glándulas de lupulina intactas, quedando como residuo el material molido grueso que corresponde al 45% como partes de bráctea y tallo del cono de lúpulo. [6]

PELLETS ISOMERIZADOS⁹

Se puede lograr una isomerización de los alfa-ácidos a iso alfa-ácidos mediante la adición de óxido de magnesio. Esta isomerización tiene

⁷ Ver anexo 4. Fabricación De Pellets Tipo 90.

⁸ Ver anexo 5. Fabricación De Pellets Enriquecido Tipo 45.

⁹ Ver anexo 6. Fabricación De Pellets Isomerizados.

con respecto a los pellets convencionales, dado que el lúpulo no tiene que ser cocido durante tanto tiempo. Los efectos causados al isomerizar el lúpulo mejora el rendimiento de iso alfa-ácidos, reducción del tiempo de procesamiento y disminución de costos de lúpulo y energía.

La fabricación de pellets isomerizados, se realiza de la misma forma que los pellets enriquecidos; las diferencias son:

- Previo a la pelletización se mezcla el lúpulo molido con un poco de magnesio, el cual causa como catalizador una isomerización de iso-ácido.
- Luego del embalaje de los pellets, adicionados con óxido de zinc, son sometidos a una temperatura de 50°C en una cámara de isomerización durante el tiempo necesario hasta completar la isomerización.

1.6.2 EXTRACTO DE LÚPULO

Para el proceso de extracción de los componentes amargos se utilizan solventes que cumplen la función de separar las sustancias de los sólidos sirviendo como medio de transporte. Actualmente se utilizan CO₂ y etanol que sirven de solventes para la fabricación de extracto de lúpulo. Estos son particularmente apropiados para la extracción, debido a que extraen completamente las resinas del lúpulo y los aceites.

En el ámbito mundial se elaboran aproximadamente las siguientes proporciones de productos de lúpulo: [7][8][9]

- Lúpulo Natural 15 a 20%
- Pellets de Lúpulo 40 a 45%
- Extracto de Lúpulo 30%
- Productos Isomerizados 10%

1.7 EL LÚPULO EN EL PROCESO CERVECERO

ADICIÓN DE LÚPULO EN LA OLLA DE COCCIÓN

Por lo general, se comienza con la cocción tan pronto como se encuentra en la olla de cocción; la duración de este proceso es de unos minutos. Durante la cocción del mosto pasan a éste, componentes aromáticos del lúpulo y al mismo tiempo se precipitan proteínas albuminoideas.

DISOLUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE COMPONENTES DE LÚPULO

De los componentes del lúpulo, son importantes para la fabricación los compuestos amargos o resinas del lúpulo y el aceite de lúpulo. Los alfa-ácidos son completamente insolubles en el mosto frío. En la cocción ocurren cambios en la estructura de los alfa-ácidos; es decir, isomerización. Los compuestos iso que se forman son mucho más solubles que los alfa-ácidos de los cuales han sido formados.

La isomerización de los alfa-ácidos durante la cocción de ninguna manera es completa. En promedio, solo un tercio de los alfa-ácidos agregados al lúpulo se encuentran en el mosto cocido en forma de compuesto iso.

ADICIÓN DE LÚPULO EN PELLETS – SISTEMAS DOSIFICADORES

Esta forma de tratamiento de lúpulo, fue desarrollada con el propósito de obtener una manipulación sencilla y una forma estandarizada de los compuestos amargos y de este modo reducir el volumen del alma.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Debido a la preocupación de las directivas de la cervecería por el aprovechamiento óptimo en la dosificación de lúpulo en la sala de fermentación, se propendió por fijar en este trabajo el estudio de este fenómeno.

Se estableció en reunión con los ingenieros del área de elaboración un protocolo para el seguimiento continuo del comportamiento de las unidades de amargo, tomando muestras a los tanques fermentadores, maduradores y BBT's con el objetivo de analizar esta conducta presente en cada etapa del proceso de elaboración, con el propósito de darle un mayor aprovechamiento al lúpulo en pellets preisomerizado para que no se desperdicie, pues este es costoso para la elaboración de la cerveza.

Este análisis se hizo debido a que no había un seguimiento continuo del comportamiento de estas unidades de amargo, por lo tanto no había estadísticos de datos.

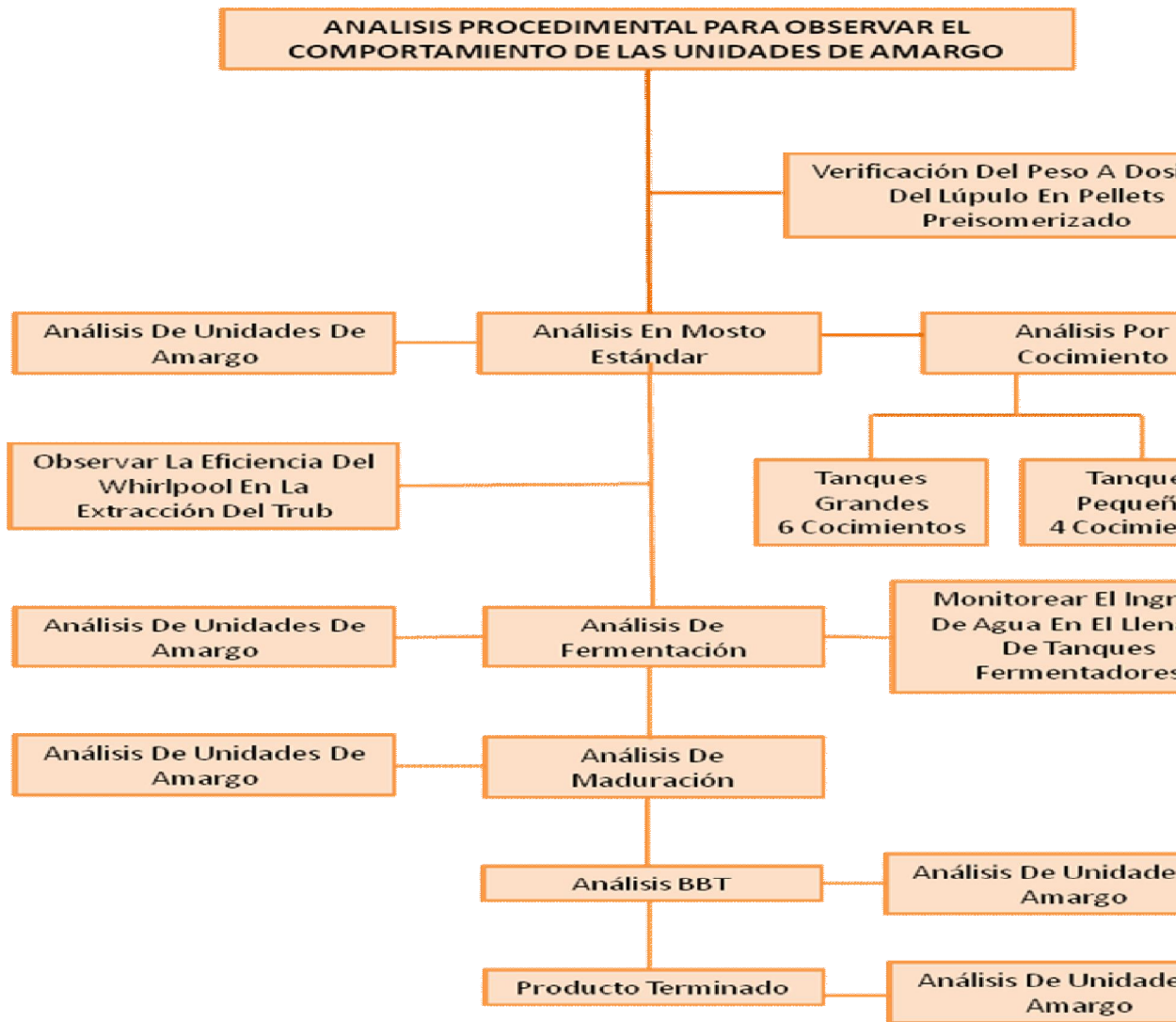
Se identificó la variabilidad en la dosificación del lúpulo en pellets, ya que no hay un procedimiento formal de parte del departamento de elaboración para la estipulación de ajuste de cantidad de lúpulo a dosificar, por lo que el aprovechamiento de lúpulo en cocinas no siempre es el óptimo.

Planteado este problema, se procedió a realizar un protocolo, el cual indica en que etapas del proceso se realizará la toma de muestras¹⁰ para el análisis de unidades de amargo y con que frecuencia se realizarán las muestras.

En el siguiente diagrama se indica el proceso de trabajo que se sigue para la realización de los análisis respectivos.

¹⁰ Ver anexo 7. Diagrama Toma De Muestras.

Figura 1.. Diagrama general de la metodología de trabajo.



Fuente: Autor.

2.1 PESO DE LÚPULO EN PELLETS PREISOMERISADO

El procedimiento normal para dosificar el lúpulo en pellets a la olla de cocción consiste en lo siguiente:

Pesadas y verificadas la cantidad de lúpulo en pellets, se procede a dosificar en el dosificador la cuantía de lúpulo preliminarmente establecida por el maestro cervecero. Éste a su vez, previamente ha enviado la información a los ayudantes de cocina para tener el dato exacto de la cantidad de lúpulo a dosificar.

Se lleva un registro diario de la cantidad de alfa-ácidos dosificados en el tanque fermentador llenado, para confirmar la cantidad en kilogramos de pellets utilizados en su dosificación. Mediante unas ecuaciones matemáticas en una hoja de cálculo¹², se compara el resultado de los datos a partes por millón de alfa-ácidos y se establece la equivalencia con la cantidad de lúpulo en kilogramos agregadas al dosificador.

Figura 2. Dosificadores de lúpulo.
(1) Dosificación de extracto de lúpulo. (2) Dosificación de pellets de lúpulo.



Fuente: Autor

¹¹ Ver anexo 18. Olla de Cocción.

¹² Ver anexo 8. Ecuaciones Calculo Dosificación de Lúpulo.

La composición para adición de extracto de lúpulo extraído con CO₂ de lúpulo preisomerizados -agregados durante la elaboración del mosto en olla de cocción, la cual es la primera dosificación en el proceso, se encuentra dentro de los rangos de la Brand Technical Specification entre el 30 y 70% respectivamente; sin embargo, la composición de este se esta dosificando actualmente en la cervecería para garantizar el producto terminado, esta en el orden del 35% en extracto de lúpulo en pellets.

La secuencia de adición de lúpulo según la BTS en cuanto al tiempo es efectuada a los 10 minutos de haber iniciado la ebullición dinámica de cocción, mientras que en pellets preisomerizado es realizada a los 15 minutos.

2.2 ANALISIS EN MOSTO ESTANDAR

Por cada cocimiento elaborado, se toma una muestra para su análisis, en donde se hace el estudio de las unidades de amargor por cocimiento a los tanques grandes 2700 HL (6 cocimientos) y a los tanques pequeños 1800 HL (4 cocimientos). Se realiza este procedimiento cuando se cambia de lote de lúpulo en pellets preisomerizado o en su defecto cuando disponga el cervecero de cocinas, al no ejecutarse el procedimiento anteriormente descrito, entonces, se realiza el análisis de la composición de amargor, consiste en tomar cierto volumen de cada cocimiento; después se toman las cantidades correspondientes para lograr la cuantía óptima (600 ml) y se toma una sola muestra a la cual se le efectúa el análisis de amargor.

El análisis consiste en medir en una pipeta exactamente 10ml de mosto previamente preparada, la cual es desgacificada con octanol que se agita en forma mínima, después se vierte en el tubo de unidades de amargor para aclarar que este reactivo no se utiliza para análisis de unidades de amargor del mosto. [10][11]

El método depende de suprimir la ionización de los compuestos amargos mediante la adición de 0,5 ml 6M HCL y 20 ml de iso-octano al tubo que contiene la muestra previamente preparada para asegurar su extracción total. Después de la agitación que dura 15 minutos.

Las fases acuosa y de solvente orgánico se separan en una centrífuga por 3 minutos. La concentración de sustancias amargas en el iso-octano se determina espectrofotométricamente, la cual se efectúa con espectrofotómetro *shimadzu* de precisión UV-1700 y celdas de cuarzo de un centímetro. Los compuestos que causan interferencia al medir la absorbancia de la luz ultra violeta (UV) con longitud de onda de 275 nm.

Figura 3. Espectrofotómetro Shimadzu.



Fuente: Autor.

El método se usa para determinar si las diversas marcas cumplen con las especificaciones definidas. Cada cerveza tiene un amargo característico que forma parte del perfil de marca.

2.3 ANALISIS EN FERMENTACIÓN

Como se mencionó anteriormente cada tanque pequeño se llena con los ingredientes y seis cocimientos para cada tanque grande; a las 24 horas de llenado cada tanque se inicia el protocolo de toma de muestras, las cuales son llevadas al laboratorio para su respectivo análisis de amargo. Cabe




la primera fase del proceso que se lleva a cabo es la de fermentación, en la cual se convierten los azúcares fermentables en alcohol y CO₂ por acción de la levadura; el tiempo durante el cual se lleva a cabo la fermentación es el momento en que se termina de recibir los cocimientos en el tanque. El tiempo para efectuar el bombeo de la cerveza verde a maduración debe ser siete días u o menos un día. Es necesario considerar que el tiempo de ciclo de la fermentación más maduración debe ser como mínimo de catorce días.

Es importante señalar que en el proceso de fermentación no se halla un rango de unidades de amargo, pues no estaba estipulado en el PUC (plan único de calidad)¹³, sin embargo, de acuerdo con resultados de datos tomados durante el trasiego a maduración, se observó que algunos de estos datos se salían de los rangos límites de especificación estipulados por el BTS, -límite inferior- por consiguiente, se recomendó realizar este análisis durante el trasiego para saber el valor exacto de las unidades de amargo, lo que permite identificar que tanques son los que no cumplen con el rango de especificación y cuales tanques están dentro de éstos. Por consiguiente, se procede a mezclar el contenido de un tanque que se haya halla salido del límite inferior del rango de especificación, con otro tanque que se salga del límite superior de especificación, con el objetivo de estabilizar el contenido de los tanques dentro de los límites de especificación establecidos¹⁴.

¹³ 03 – 000255 Plan único de calidad. Instructivo. Actualización 13 de uso exclusivo.

¹⁴ No necesariamente pueda ser que se halla salido del límite de especificación inferior, sino que se puede hacer la mezcla con un tanque que este cercano a los rangos de especificación. Ej. Para el caso de la marca Aguila en Fermentación, un objetivo de 30 unidades de amargo (UA), un límite inferior de 28 y uno superior de 32, entonces, se puede mezclar un tanque con 26 (UA) con otro que tenga 31 y de esta manera logra estabilizar las unidades de amargo.

Tabla 1. Límites de especificación Unidades de Amargo

| | | AMARGO (Unidades de Amargo) | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|---|---|---|----|
| | | Limite Superior | Objetivo | Limite Inferior | |
| E S T Á N D A R | ETAPA DEL PROCESO |  |  |  | |
| | Mosto Frió | 44 | 42 | 40 | |
| | Fermentación Maduración | 32 | 30 | 28 | |
| | Producto Terminado | Aguila y Costeñita | 22 | 20 | 18 |
| | | Poker | 20 | 18 | 16 |

Fuente: Autor.

2.4 MONITOREO DE INGRESO DE AGUA EN EL LLENADO DE T FERMENTADORES

El seguimiento realizado al ingreso de agua en el llenado de fermentadores[12], se originó debido a la preocupación existente por la causa sobre la dilución en el volumen de hectolitros de mosto frío. El ingreso de agua en los tanques fermentadores ocasiona cambios en los resultados previamente obtenidos con los cálculos de dosificación de la olla de cocción; es decir, se afecta la cantidad de kilogramos de extracto en CO₂ como en pellets preisomerizado.

Esta afectación se da por la variación presentada en el volumen por el que esta estipulado en 440 HL, entonces, al presentarse ingreso de agua en el tanque fermentador el dato mencionado anteriormente cambia necesariamente su valor.

El proceso de llenado de tanques fermentadores consiste en lo siguiente: el cocinero debe enviar agua caliente mediante un sistema automatizado a través de la línea de tubería por la cual pasa el mosto por aproximadamente 18 minutos, (18HL), la cual tiene como objetivo pringar la línea, después de esto se envía agua fría por aproximadamente dos minutos (5 HL). Terminada esta etapa se inicia el envío del mosto, el cual debe ser enfriado a través de un intercambiador de placas en contraflujo con agua a la temperatura que el cavaero indique al inicio del enfriamiento. El cocinero debe mantener el nivel del sedimentador (whirlpool), ya que al indicar señal de vacío, el

avisar al cavero que inicia el empuje final con agua (41HL) con el fin de arrastrar todo el mosto que puede quedar atrapado en la línea. A continuación se describe el procedimiento para determinar la cantidad de agua que ingresa a los tanques fermentadores.¹⁵

En la línea principal por donde pasa el mosto, se encuentran las válvulas que están al lado de cada espejo de tanque fermentador, las cuales en el momento inicial o final se cierran o abren respectivamente, permitiendo el ingreso de mosto al tanque fermentador, por medio de una conexión (basculante) ubicada en el espejo de cada tanque, que une la línea principal por la que pasa el mosto con la línea de entrada al tanque, sin embargo, en el empuje inicial y en el momento de cerrarse y abrirse la válvula de la línea principal de mosto se presenta en ocasiones el ingreso excesivo de agua al tanque fermentador.

Se inicia tomando datos de tiempo de ingreso de agua al tanque fermentador tanto para el empuje inicial, como para el empuje final. Para el empuje inicial, en el momento en que se cierra la válvula se activa el cronómetro, cuando se observa el visor ubicado en la conexión, cuando se ve por el visor el ingreso de mosto, en ese instante se detiene el cronómetro y se toma el tiempo correspondiente en palabras, el tiempo correspondiente al ingreso de agua en el empuje inicial. El tiempo transcurrido entre el cierre de la válvula de la línea principal de mosto y la fase del mosto observada en el visor del basculante.

Ahora, el tiempo para el empuje final es el correspondiente entre la fase de agua de la fase de agua en el visor del basculante y la apertura de la válvula de la línea principal de mosto. Cuando se cierra esta válvula en el empuje final, se toma el dato de volumen y caudal arrojado por el medidor de flujo de Proline Promass 80/83 F, M ubicado en la línea principal por donde pasa el mosto, igualmente, en el empuje final se toman estos mismos datos de tiempo y se observa la fase de agua en el visor del basculante.

¹⁵ Ver Anexo 16. Sobrellenado De Tanques Mes De Enero

¹⁶ Válvula sanitaria de lenteja con actuador neumático. Fabricante Kieselmann

¹⁷ Ver Anexo 17. Visor Del Basculante

2.5 ANALISIS EN MADURACIÓN

Una vez alcanzada una temperatura de 4 a 5 grados centígrados de o en su defecto han transcurrido 48 horas del primer enfriamiento, se bombean la cerveza verde a su tanque madurador, para tal efecto se pasa la cerveza a través de un intercambiador de placas que permite bajar la temperatura a -1,5 a -2 grados centígrados, graduando el caudal de la cerveza. Se hace la verificación de la temperatura de la cerveza a la salida de la cual debe mantenerse en el valor indicado para que el proceso de maduración se realice adecuadamente. En esta etapa del proceso se recogieron muestras para el análisis de las unidades de amargo, las cuales se toman de los grifos en los espejos de cada madurador cada 24 horas.

2.6 ANALISIS BBT

Alcanzada la maduración, la cerveza es filtrada para remover la levadura y proteínas que puedan contener y que posteriormente causen turbiedad en el producto terminado. El medio filtrante utilizado en la filtración es tierra diatomácea, la cual son fósiles de algas pulverizadas que sirven para retener partículas hasta de 3 micrómetros.

La cerveza lista para envasar se almacena en unos tanques los cuales se llaman BBT's por un mínimo de 4 horas para su reposo y luego es enviada a las envasadoras en el salón de envase. Al igual que en los procesos anteriores se tomaron muestras para el análisis de las unidades de amargo.

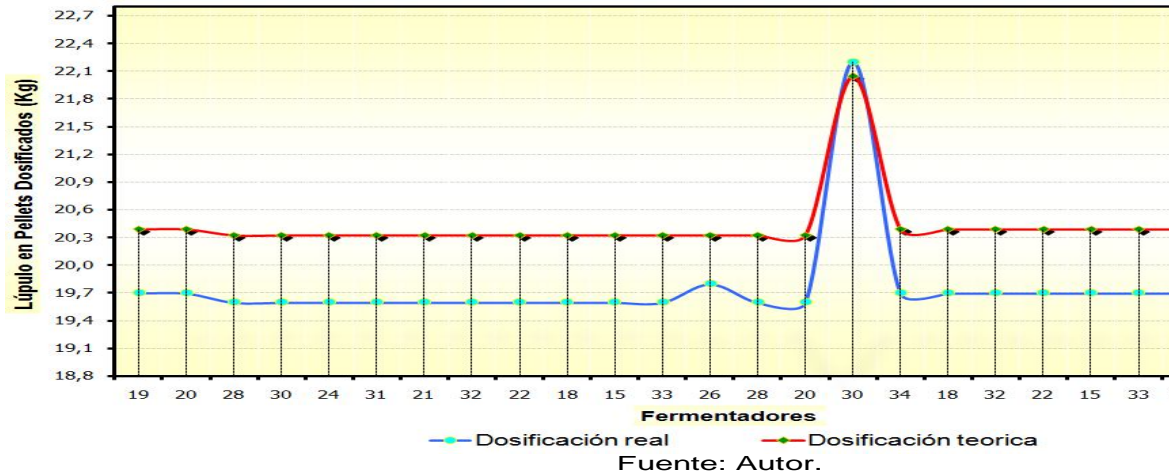
2.7 PRODUCTO TERMINADO

Esta es la última etapa del proceso de elaboración de cerveza, en la cual se envía el producto para su respectiva comercialización. Cabe señalar que en esta etapa también se tomaron muestras para el análisis de las unidades de amargo.

3. RESULTADO Y ANALISIS

3.1 ANÁLISIS DOSIFICACIÓN

Gráfica 1. Dosificación mes de Enero.

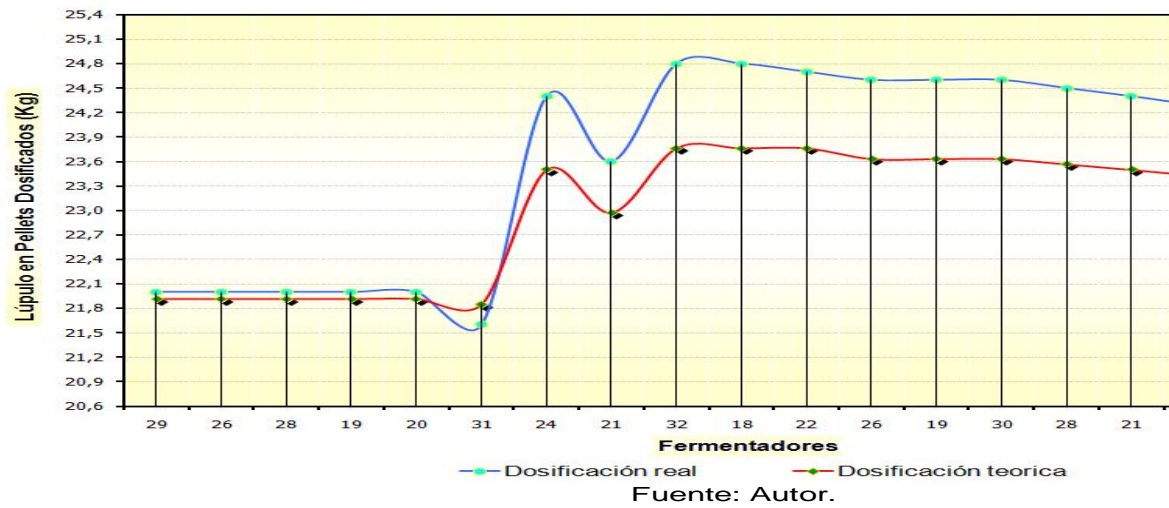


Se aprecia en la gráfica¹⁸ que la dosificación teórica estuvo en la mayoría del tiempo por encima de la dosificación real, lo cual no debería presentarse de esa manera, debido a que se busca que la dosificación real y teórica tengan una mínima variación; no obstante, se observa algo curioso en los tanques 14 de enero) 26 y 28 (del 23 de enero), donde suceden unos eventos que interrumpen la constancia que venían manejando las dos variables. Para determinar este comportamiento, se pudo corroborar que en esos días se hicieron pruebas específicas para el caso del tanque 30 se hizo una prueba para determinar el comportamiento del lote nuevo de lúpulo que había llegado a la celda, la cual estaba almacenado; igualmente, se practicó la misma prueba en los tanques 26 y 28 que fueron los últimos del mes de enero.

¹⁸ Ver Anexo 9. Dosificación mes de Enero.

Esta prueba se realiza con el objetivo de estandarizar la dosificación ajustando la cuantía en kilogramos que hay que dosificar del nuevo lote.

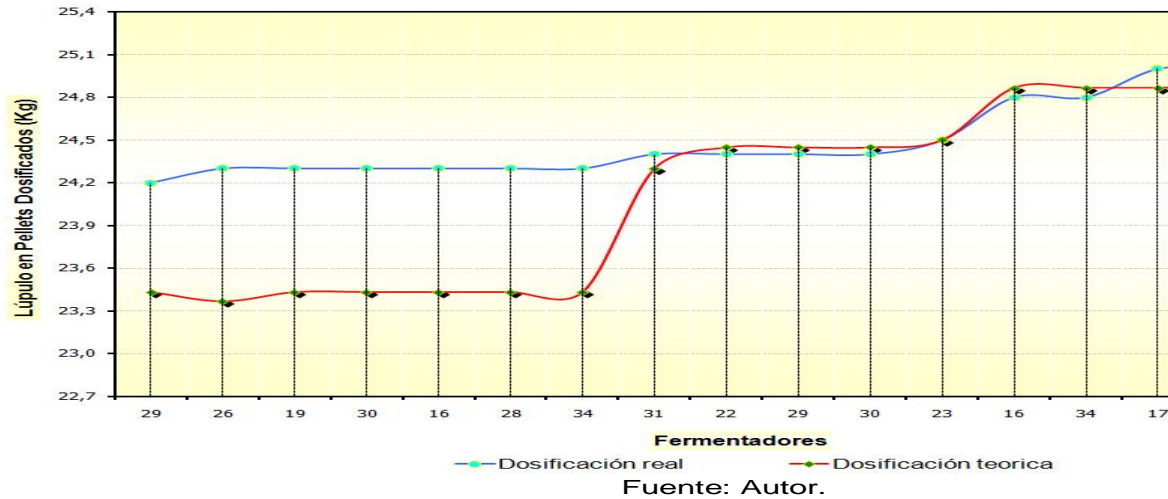
Gráfica 2. Dosificación mes de Febrero.



La dosificación del mes de febrero¹⁹ muestra un comportamiento en los primeros cinco tanques con mínima variación, se puede decir que es una conducta óptima que debería presentarse en los datos real y teórica de la dosificación de pellets, sin embargo, a partir del tanque 31 se produce una variación similar a la que sucedió con los tanques 30, 26 y 28 de enero (ver gráfica 1), en donde cabría la misma explicación que se dio para esos tanques, la estabilización se muestra a partir del tanque 32, donde se puede decir, que en el proceso ya se está utilizando el nuevo lote, por lo que al ajustando la cantidad de kilogramos para obtener la estabilización de la dosificación tanto real como teórica, es decir para que halla mínima variación entre estas dos variables.

¹⁹ Ver Anexo 10. Dosificación mes de Febrero.

Gráfica 3. Dosificación mes de Marzo.



Se observar en la gráfica²⁰ que en los primeros tanques hasta el 30 se observa una gran diferencia en la secuencia que venía dándose al final del mes de febrero entre la dosificación real y teórica, lo cual ocurre por el ajuste en la dosificación del número de kg de lúpulo para lograr la dosificación óptima.

A partir del tanque fermentador 31 se puede ver que hay estabilización entre la dosificación real y teórica, es decir, que hay variación mínima entre estas dos variables. En otras palabras, se deduce que se ha encontrado las cantidades exactas de lúpulo en pellets a dosificar para garantizar el amargo en producto terminado.

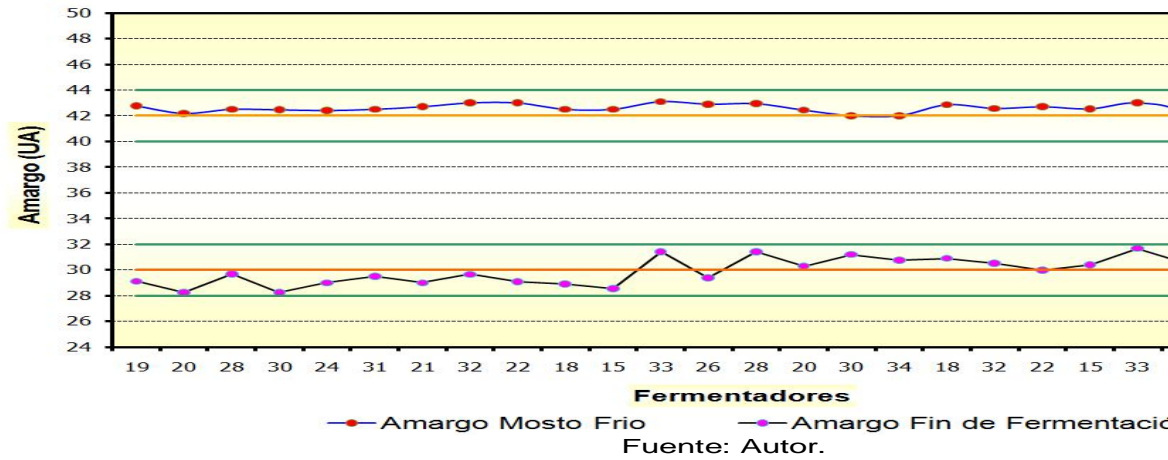
Como se pudo observar en el mes de enero y febrero había una gran diferencia significativa entre la dosificación real y teórica, esta variación se pudo observar a partir del tanque fermentador 31 llenado el 11 de marzo del presente mes. Sin embargo, se pudo confirmar que este comportamiento se da más con los cambios de lote, debido a que los lotes de lúpulo no son homogéneos.

²⁰ Ver Anexo 11. Dosificación mes de Marzo.

cuanto a la composición de alfa-ácidos y es necesario hacer pr
ajustar la dosificación de lúpulo en pellets del lote nuevo con el lote a

3.2 ANÁLISIS DE UNIDADES DE AMARGO EN MOSTO Y FERME

Gráfica 4. Unidades de amargo en mosto y fermentación.

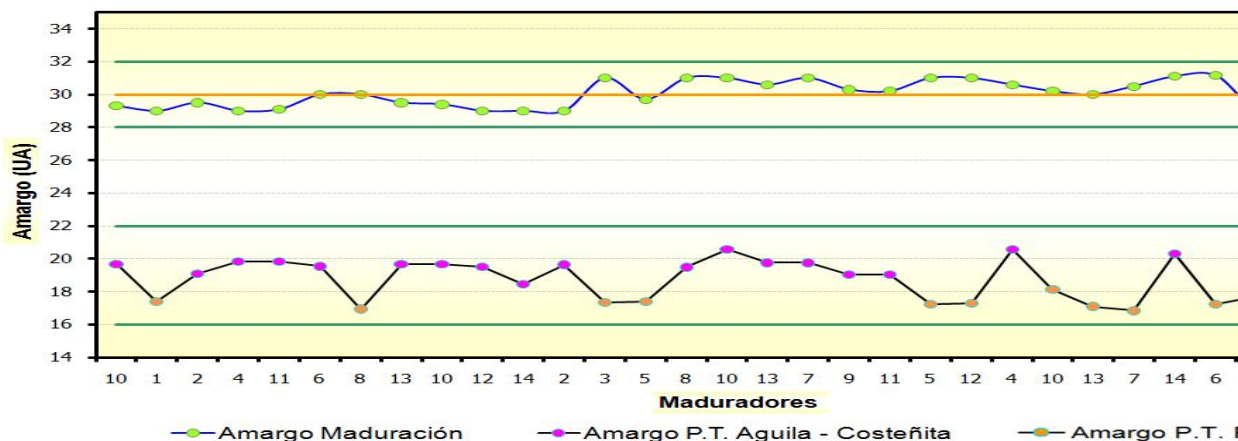


Al analizar el comportamiento de las unidades de amargo en mosto y en fermentación²¹ para el mes de enero, encontramos que en el fermentador 29 las unidades de amargo se salen de los límites de especificación que están estipulados en el BTS (los cuales están indicados en la gráfica 4 por las líneas verdes), esta conducta se presenta por lo que se agregó al último cocimiento del fermentador 29 los 19,7 kg de lúpulo adicional establecidos por el cervecero de cocinas; por consiguiente, resulta necesario aclarar que al tanque 26 se le agregó el doble de cantidad de lúpulo (19,7 kg adicional) para ajustar la posterior mezcla en maduración.

²¹ Ver Anexo 12. Unidades de amargo en mosto, fermentación, maduración y P
enero.

3.3 ANÁLISIS DE UNIDADES DE AMARGO EN MADURACIÓN Y PRODUCTO TERMINADO

Gráfica 5. Unidades de amargo en Maduración y Producto Terminado



Fuente: Autor.

El comportamiento de las unidades de amargo en maduración²², de similar al de unidades de amargo al final de fermentación, debido a que el tiempo de análisis entre uno y otro es corto -más o menos un día- por lo que la variación por que el contenido de algunos maduradores son no fermentadores, lo cual se hace como medida de control para ajustar las unidades de amargo.

La conducta que se especifica en la gráfica 5, tanto de las unidades de amargo en maduración y producto terminado, deja entrever una inestabilidad en los valores de las unidades de amargo, más sin embargo, no se ve que ninguno de los puntos de los límites de especificación. Los tanques 29 y 26, los cuales están fuera de los límites de especificación son trasegados y mezclados con los maduradores 1 y 12, con el objetivo de estabilizar las unidades de amargo.

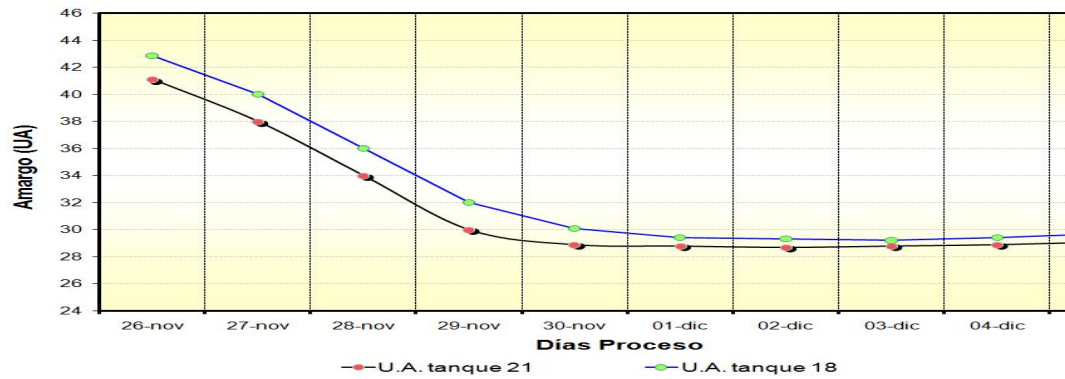
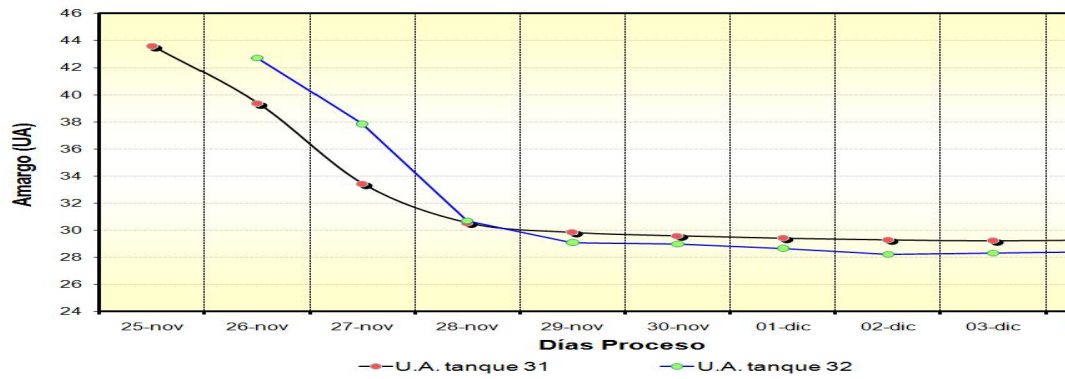
²² Ver Anexo 12 Unidades de amargo en mosto, fermentación, maduración y Producto Terminado.

maduración y producto terminado, lo cual se puede corroborar observando la siguiente gráfica.

Los puntos de color marrón que se encuentran en la parte inferior de la gráfica corresponden a las unidades de amargo de la marca Poker, los cuales presentan una menor concentración de amargo en su producto terminado.

3.4 ANÁLISIS DIARIO DE UNIDADES DE AMARGO DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

Gráfica 6. Unidades de amargo diario durante el proceso de fermentación



Fuente: Autor.

Se realizó el seguimiento de unidades de amargo diario durante el proceso de fermentación para dos tanques grandes²³ el 31 y 32 y dos tanques pequeños²⁴ el 21 y 18. Se puede decir entonces, que al cuarto día del proceso se estabilizó las unidades de amargo, sin embargo al analizar los primeros cuatro días se nota una pérdida de concepto de amargo de 13 unidades, lo cual representa una disminución del 29% en el tanque 31; mientras que en el tanque 32 la disminución fue de 28 unidades, una pérdida de 12 unidades en el amargo. Para los tanques pequeños se presentó una pérdida similar a la de los tanques grandes.

Esta situación se presenta debido a los rebotes de espuma de los fermentadores, donde el tanque 31 se rebotó el 26 de noviembre y el 27 se rebotó al siguiente día; mientras que el tanque 21 y 18 se rebotó el 28 del mismo mes, éste fenómeno se presenta por la conexión del sistema de planta de recolección de CO₂, la cual se ve reflejada en el aumento de la presión interna del tanque alcanzando picos de hasta 15 psi.

3.5 ANÁLISIS DIARIO DE UNIDADES DE AMARGO DURANTE EL PROCESO DE MADURACIÓN

En el transcurso del proceso de maduración se hizo el seguimiento diario de los tanques maduradores²⁵.

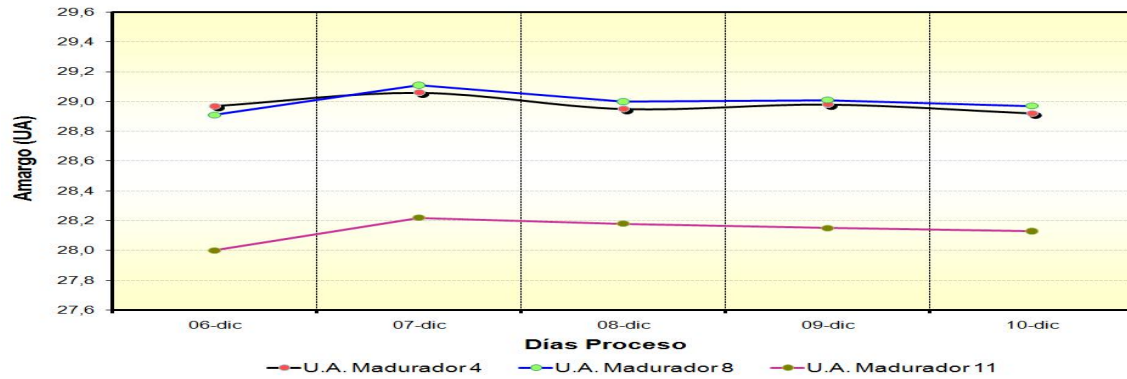
Se puede ver en la gráfica 7 que el comportamiento de las unidades de amargo en los maduradores sigue una conducta constante, el seguimiento se hizo diario y se hizo con el objetivo de confirmar la estabilidad en los maduradores y el no desperdicio de las unidades de amargo.

²³ Ver Anexo 13 Seguimiento diario fermentación tanques grandes.

²⁴ Ver Anexo 14 Seguimiento diario fermentación tanques pequeños.

²⁵ Ver Anexo 15 Seguimiento diario maduración tanques grandes.

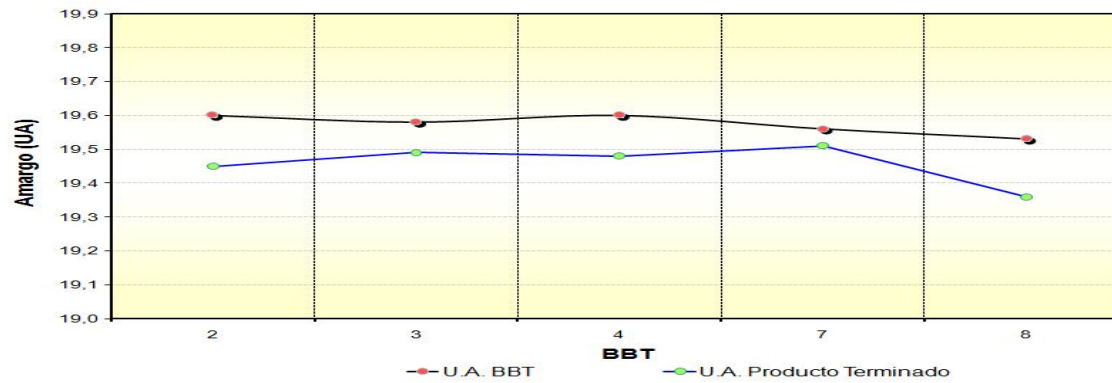
Gráfica 7. Unidades de amargo diario en proceso de maduración.



Fuente: Autor.

3.6 ANÁLISIS DE UNIDADES DE AMARGO EN BBT'S Y PRODUCTO TERMINADO

Gráfica 8. Unidades de amargo en BBT'S y producto terminado.



Fuente: Autor.

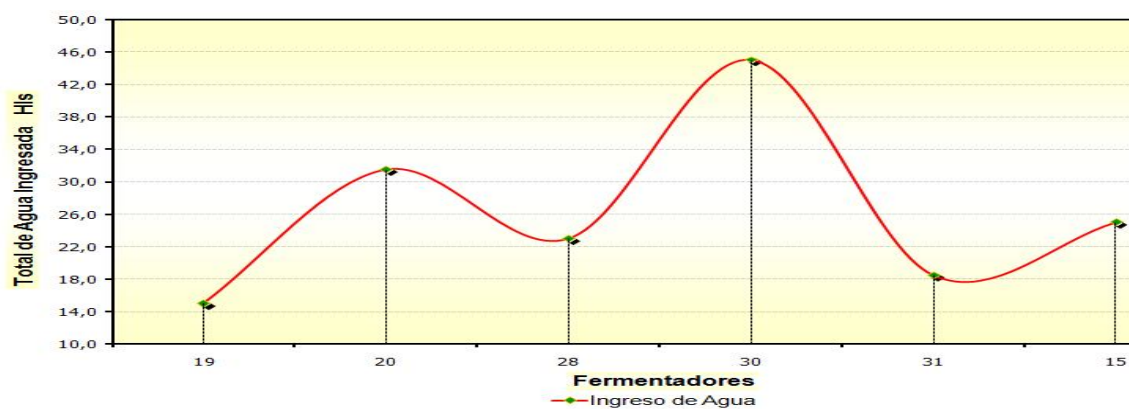
La gráfica muestra un comportamiento constante de las unidades de amargo en BBT y producto terminado, lo que indica que el aprovechamiento de la etapa es de casi el 100%, puesto que en la etapa de filtración es común utilizar el lúpulo en isohop para ajustar las unidades de amargo óptimas esperadas.

3.7 ANÁLISIS SOBRELLENADO DE TANQUES

De acuerdo a la metodología explicada en el desarrollo experimental, se determinó la cantidad de HL ingresados al fermentador durante el mes de enero. Con base en éstos, los resultados obtenidos en esta etapa nos permiten concluir que el sobrellenado de los tanques fermentadores, que se ha venido presentando, ha sido desde tiempo atrás.

En la gráfica 9 se puede apreciar que los tanques que más presentaron sobrellenado de agua en el mes de enero fueron el 30 y el 20 resultando una capacidad de 45 y 31,5 Hls de agua ingresada respectivamente.

Gráfica 9. Sobrellenado de tanques mes de Enero.



Fuente: Autor.

Remitiéndonos a la gráfica 4 podemos comprobar que el ingreso excesivo de agua tiene un efecto negativo en las unidades de amargo, puesto que a mayor concentración de amargo presente en el mosto frío. Esto se considera que se observa que el tanque 30 y 20 son los que presentan mayor ingreso de agua en unidades de amargo, en comparación con los tanques que no presentan un ingreso excesivo de agua.

²⁶ Ver Anexo 16 Sobrellenado de tanques mes de Enero.

4. CONCLUSIONES

Al observar la dosificación de lúpulo en pellets en la olla de cocción se concluyó que se presenta variación entre la dosificación real y la esperada. Sin embargo, esta situación se da debido a que los lotes de lúpulo no son homogéneos en cuanto a la composición de alfa-ácidos.

Se concluyó con el seguimiento hecho a la dosificación de lúpulo durante el mes de enero, febrero y marzo un aprovechamiento en la cocción alrededor de 50%, en los tanques fermentadores 68% y en el embotellado 100%.

En el seguimiento diario de unidades de amargo realizado a los fermentadores se logró establecer que en las primeras 24 horas se produce la mayor pérdida de amargo, debido al ingreso excesivo de agua a los tanques a los rebotes de espuma.

En las diferentes etapas de elaboración de la cerveza donde se realizó el análisis del comportamiento de las unidades de amargo, se pudo concluir que la etapa más crítica del proceso donde hay merma de concepto de amargo, es durante la etapa de fermentación.

5. RECOMENDACIONES

El empuje de agua entre cocimientos se puede monitorear y controlar mediante la instalación de equipos que permitan detectar la interface.

Se pueden efectuar medidas en variables tales como: densidad, conductividad, teniendo en cuenta los diferentes valores que presenta una de estas variables ante las dos fases líquidas.

También se puede instalar medidores de extracto (Anton Paar) que permitan obtener lecturas de extracto durante el bombeo de mosto frío, desde el fermentador.

Para evitar el paso excesivo de trub hacia fermentación, se recomienda controlar el caudal de mosto al final del enfriamiento.

Se recomienda realizar el análisis de unidades de amargo en la línea de fermentación antes del trasiego a maduración para saber el valor de las unidades de amargo, lo cual permite identificar que tanques son los que cumplen con el rango de los límites de especificación y cuales tanques están fuera de éstos parámetros.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BAVARIA, Seminario Internacional de Cervecería. Santa Fe de B. 2004.
- [2] WOLFGANG KUNZE. Tecnología para Cerveceros y Malte. Alemania.: VLB Berlín, 2004. 60-62 p.
- [3] MAIER, J.u. NARZISS, L. 6 ed. 1997. 188-192 p.
- [4] WOLFGANG KUNZE. Tecnología para Cerveceros y Malte. Alemania.: VLB Berlín, 2004. 62-63 p.
- [5] FORSTER, A. Hopfenrundschau Aug. 1992. 41 p.
- [6] FORSTER, A. 9 ed. Brind.: 1995. 725- 730 p.
- [7] HERBERT L. GRANT. El Cerveceros en la Práctica. 3 ed. M.B.. Brewers Association of the Americas, 244-248 p.
- [8] WOLFGANG KUNZE. Tecnología para Cerveceros y Malte. Alemania.: VLB Berlín, 2004. 72-75 p.
- [9] HOUGH, J.S. Malting and Brewing Science. New York.: Chapman 1971. 342-349 p.
- [10] BAVARIA, Determinación De Unidades De Amargo – Método In Rápido, 2007. [Instructivo 05-001856].
- [11] ASBC, Métodos de Análisis Lúpulo, 8 ed. 1992.

[12] VARGAS, GUTIERRES Carlos. Tesis de grado. Mejoramiento de la Eficiencia de Generación de CO₂, en los Tanques Fermentadores de la Cervecería Bucaramanga. 2009.

[13] HERBERT L. GRANT. El Cervecerero en la Práctica. 3 ed. M.B. Brewers Association of the Americas, 229-236 p.

[14] WOLFGANG KUNZE. Tecnología para Cerveceros y Malteadores. Alemania.: VLB Berlín, 2004. 56-59p.

[15] GIMBEL, L.S. Steiner's Guide to American Hops. Steiner inc. NE 1073. 49-53 p.

ANEXOS

Anexo 1. GENERALIDADES DEL LÚPULO.

ZONAS DE CULTIVO DE LÚPULO

Los países donde se cultiva más Lúpulo son Alemania y Estados Unidos, seguidos por la República Checa y últimamente China.[13][14][15].

La superficie mundial de cosecha se redujo de forma continua desde 1994 a 2001, pasando de 86.786 ha a 55.973 ha en el 2001, lo cual significa una reducción de la superficie de cultivo de Lúpulo en siete años.

En total, resulta una demanda de Lúpulo del orden de aproximadamente 125.000 toneladas la cual no siempre es cubierta por la producción anual. Por otro lado, la reserva mundial del Lúpulo cubre toda la cosecha de un año; dejando al lado las regiones en las cuales el consumo de Lúpulo se desarrolla fuertemente.

CULTIVO Y PRODUCCION DE LÚPULO

Luego de la cosecha, el Lúpulo debe ser secado y procesado para ser almacenable.

COSECHA

La cosecha del Lúpulo es realizada en el momento de la madurez de la cosecha radica en que se suelta del alambre la planta trepadora o se recogen los conos (inflorescencias femeninas) de pedúnculo. La cosecha del Lúpulo se realiza hoy en día exclusivamente por máquinas cosechadoras de Lúpulo las cuáles remueven los conos, las hojas y otros materiales de la planta.

SECADO

Los conos de Lúpulo recién recolectados, tiene un contenido de agua de 80%. En esta forma no es almacenable. Por ello, el Lúpulo debe ser secado inmediatamente. El secado se realiza sobre secadores de banda o en lotes.

El Lúpulo es secado cuidadosamente a 50°C, hasta alcanzar un contenido de agua de 8 a 12% el tiempo de secado es de 8 a 15 horas. Luego, es compactado, es decir comprimido en fardos tradicionales o unidades grandes. Tampoco en esta forma el Lúpulo es conservable por mucho tiempo sin una pérdida de calidad como resultado de: la acción del oxígeno, de la humedad y el aumento de temperatura que producen merma de los componentes amargos y aromáticos. Es por ello que el Lúpulo debe ser estabilizado.

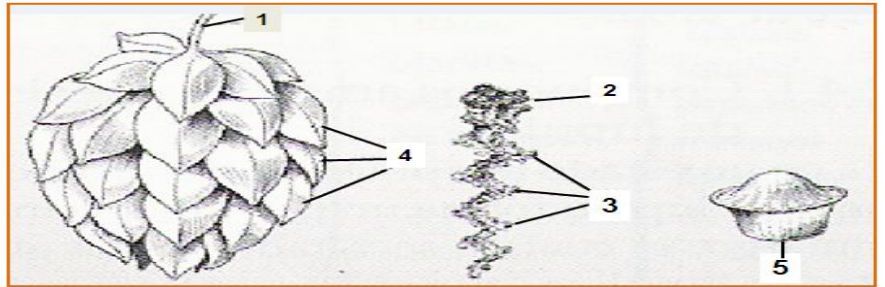
ESTABILIZADO DEL LÚPULO

La mayor parte de la cosecha de Lúpulo es transformada en extracto. Solo una parte es adicionada como Lúpulo natural. Pero en todo momento debe transcurrir un tiempo desde la cosecha hasta el procesamiento, durante el cual debe protegerse al Lúpulo contra un deterioro. Para ello se comprime el Lúpulo seco mediante prensas hidráulicas; esta compresión, reduce el espacio de aire al Lúpulo y se dificulta la absorción de humedad.

ESTRUCTURA DEL CONO DE LÚPULO

Dado que el Lúpulo es dioico solamente son cultivadas en la agricultura plantas femeninas, las cuales producen inflorescencias en el segundo año. Debido a su forma, esta inflorescencia es llamada lúpulo.

Figura. Cono de Lúpulo.
(1) Pedúnculo, (2) Raquis, (3) Florecillas, (4) Brácteas, (5) Lupulina



Fuente: Tecnología para cerveceros y malteros. Wolfgang Kunze.

VARIEDADES DE LÚPULO


El lúpulo es la materia prima más costosa en la elaboración de cerveza. Consecuentemente, la selección de las variedades en el cultivo y el uso del lúpulo tienen una importancia muy especial. Su comercialización se caracteriza de acuerdo a sus variedades:

AROMÁTICAS: Se distinguen por un agradable aroma de lúpulo, un contenido de cohumulona menor a 20% y una porción más alta de compuestos de aroma fino como humuleno y farneseno. Entre las variedades aromáticas se encuentran: Perle, Saazer, Tettnanger y Fuggle.

AMARGAS: Se distinguen por un mayor contenido de alfa-ácidos. Entre las variedades amargas se encuentran: Northern Brewer y Brewers Gold.

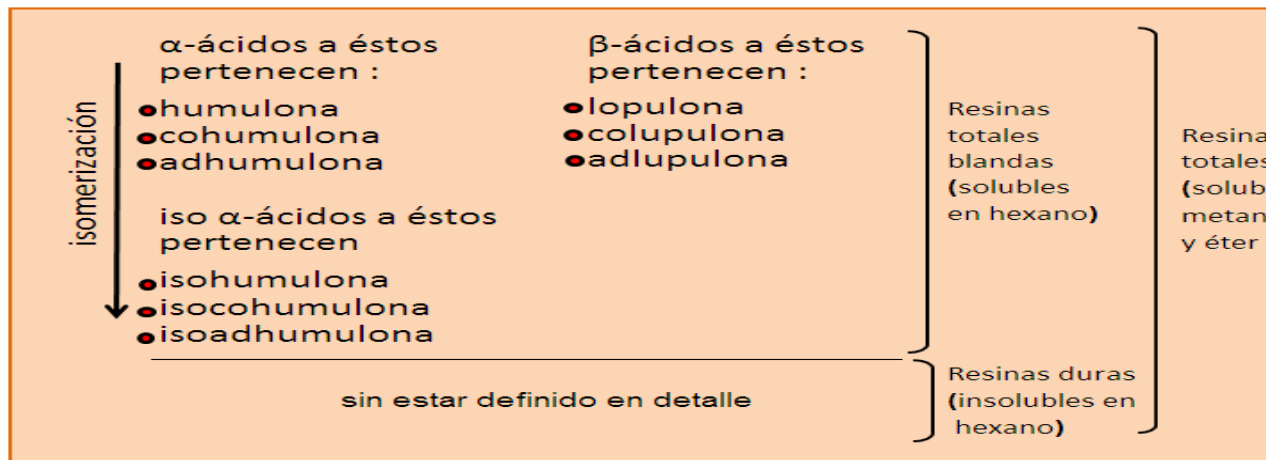
VARIEDADES DE ALTO CONTENIDO DE alfa-ácidos: Se distinguen por un alto contenido de alfa-ácidos de más de 10% hasta 18%. Pero de esta variedad de alto contenido de alfa-ácidos se requiere también una alta cohumulona de por lo menos 25%. Las variedades más importantes de este tipo son: Nugget, Target, Galena.

PRINCIPALES ÁREAS DE CULTIVO DE LÚPULO

|  | País | Superficie de cosecha en ha 1995 | Superficie de cosecha en ha 2001 | Cosecha número toneladas |
|---|-----------------|---|---|---------------------------------|
| Unión Europea | Alemania | 34121 | 19023 | 3173 |
| | Inglaterra | 4078 | 1865 | 256 |
| | España | 1724 | 716 | 139 |
| | Francia | 1108 | 816 | 121 |
| | Bélgica | 603 | 249 | 416 |
| | Austria | 335 | 215 | 337 |
| | Portugal | 128 | 38 | 52 |
| | Irlanda | 10 | 3 | 2 |
| | Total | 42107 | 22925 | 3771 |
| Resto Europea | República Checa | 9910 | 6088 | 663 |
| | Ucrania | 2665 | 1400 | 110 |
| | Rusia | 2500 | 1100 | 460 |
| | Polonia | 3264 | 2250 | 220 |
| | Eslovenia | 3967 | 1807 | 214 |
| | Turquía | 300 | 356 | 166 |
| | Suiza | 50 | 24 | 52 |
| | Hungría | 37 | 34 | 34 |
| | Total | 22693 | 13059 | 1279 |
| América | EE.UU. | 35768 | 14505 | 3028 |
| | Argentina | 375 | 120 | 128 |
| | Total | 36143 | 14625 | 3038 |
| Asia | China | 16005 | 5000 | 1250 |
| | Japón | 956 | 314 | 643 |
| | India | 94 | 50 | 42 |
| | Total | 17055 | 5364 | 1318 |
| Total Mundial | | 117998 | 55973 | 9407 |

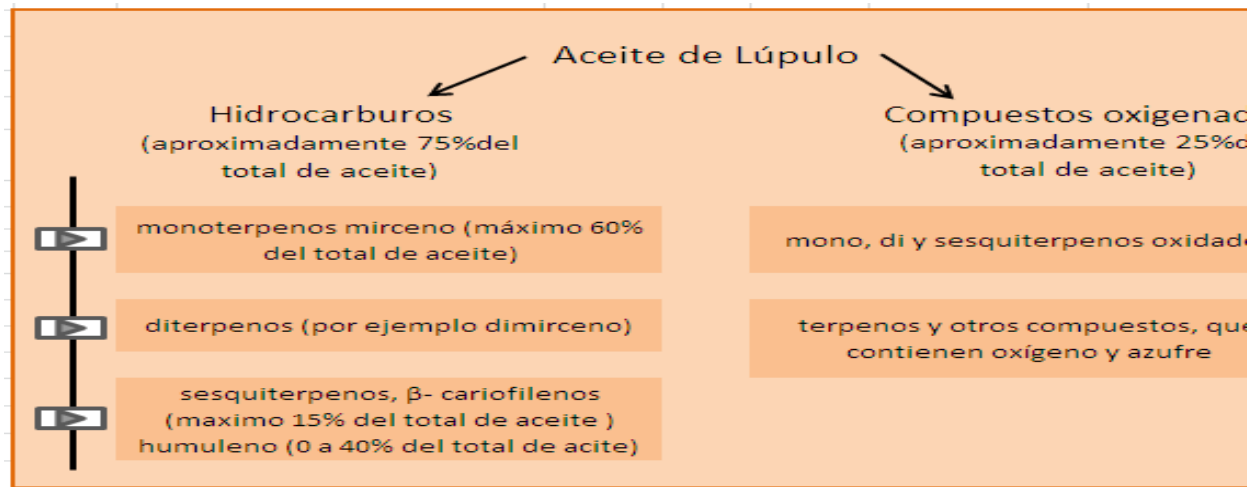
Fuente: Tecnología para cerveceros y malteros. Wolfgang Kunze.

Anexo 2. COMPONENTES DE LOS COMPESTOS AMARGOS



Fuente: Cerveceros en la práctica tercera edición . Herbert L. Grant.

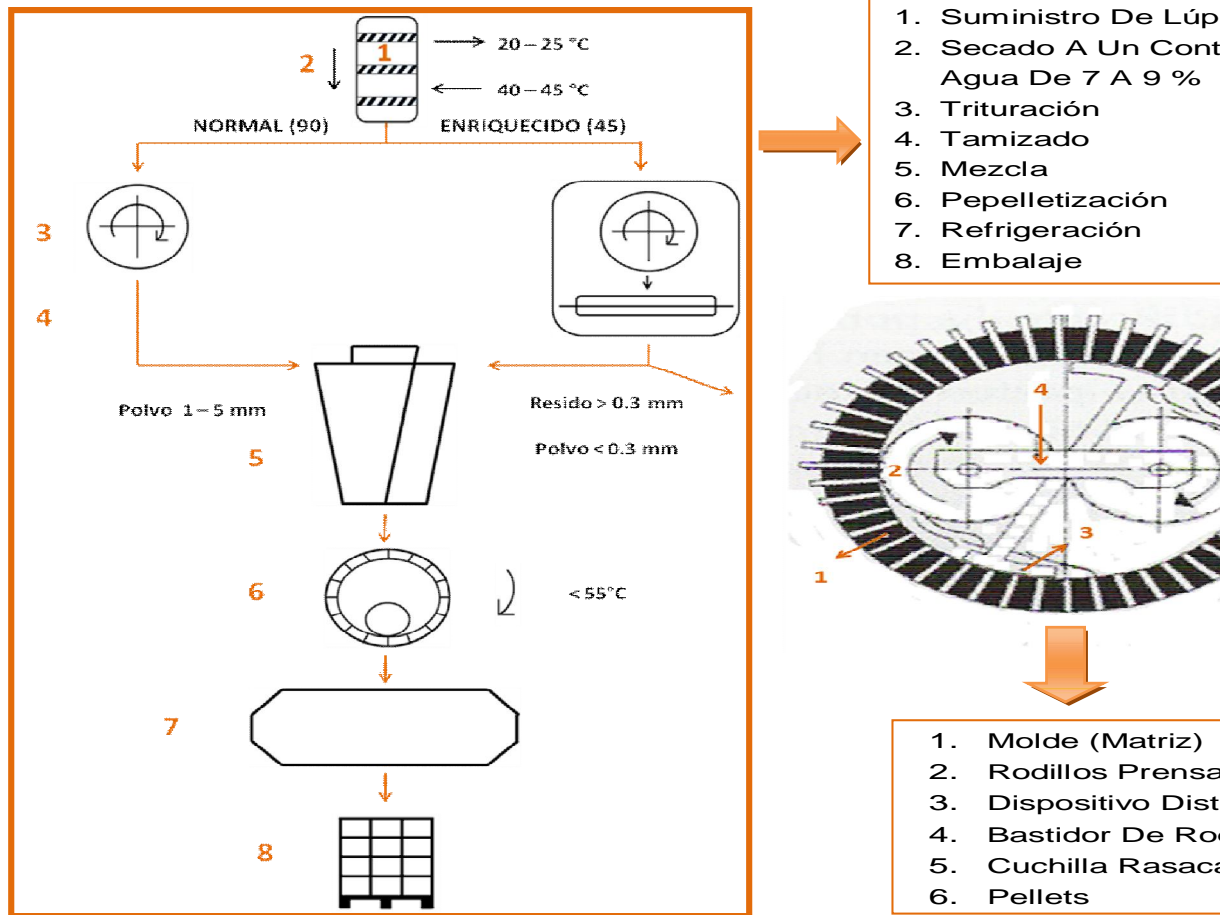
Anexo 3. COMPONENTES DE ACEITE DE LÚPULO.



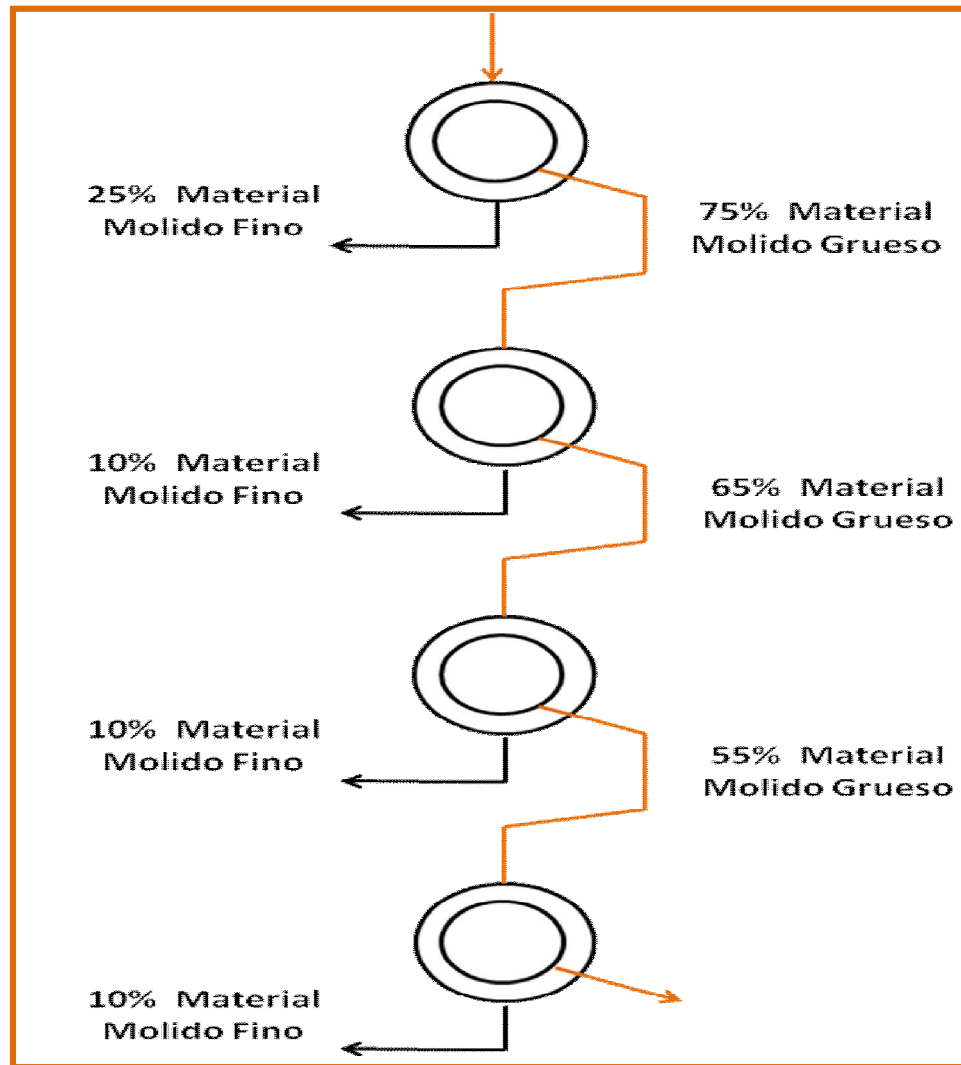
Fuente: Cerveceros en la práctica tercera edición . Herbert L. Grant.

Anexo 4. FABRICACION PELLETS TIPO 90

La fabricación de pellets tipo 90 se realiza de tal manera que el lúpulo se seca cuidadosamente hasta un contenido de agua del 7 al 9%, y luego con aire de 20 a 25°C y luego con aire caliente de 40 a 50°C (ver figura a) posteriormente triturado a polvo con una granulometría de 1 a 5 mm, el polvo es mezclado y pelletizado en un dispositivo con matriz perforada (ver figura b). Aquí el material molido es comprimido y llevado a una forma de pellets, la cual es típica para los pellets. En este proceso, se produce un calor del lúpulo, por lo cual podría ocurrir una reducción de los compuestos. Es por esto que se busca que la temperatura no sobrepase los 50°C.

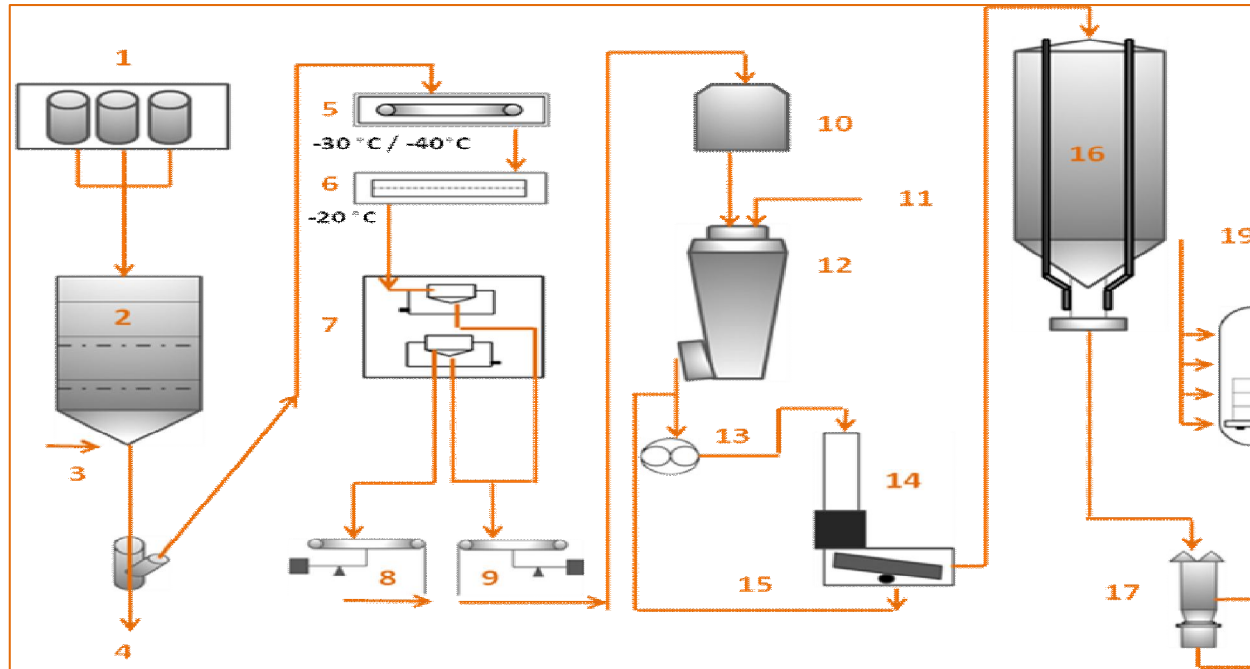


Anexo 5. FABRICACION PELLETS ENRIQUECIDO TIPO



Fuente: Tecnología para cerveceros y malteros. Wolfgang Kunze.

Anexo 6. FABRICACION DE PELLETS ISOMERIZADOS

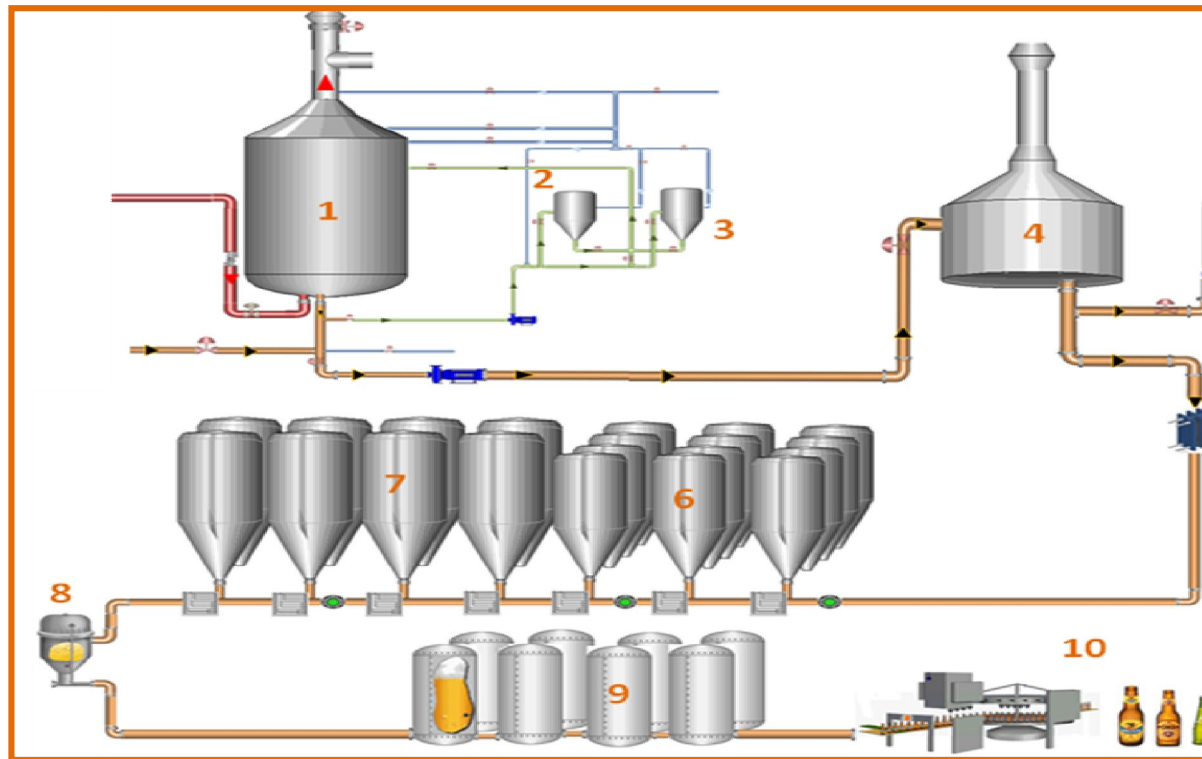


1. Mezcla de Lotes de Lúpulo
 2. Secado del Lúpulo Crudo
 3. Aire Caliente A 50 °C
 4. Separación de Cuerpos Extraños
 5. Ultracongelamiento
 6. Trituración

7. Separación En Dos Porciones, Por Tamiz
 8. Bracteas De Lúpulo
 9. Lupulina
 10. Molienda
 11. Recipiente De Mezcla
 12. Adición De Oxido De Magnesio

13. Pelletización
 14. Enfriamiento Y Cribado De Los Pellets
 15. Abrasión Por Cribado
 16. Homogenización De Los Pellets
 17. Embalaje
 18. Cámara Térmica
 19. Aire Caliente A 50°

Anexo 7. DIAGRAMA DE TOMA DE MUESTRAS



1. Olla de cocción.
2. Dosificación De Extracto De Lúpulo.
3. Dosificador De Pellets De Lúpulo.
4. Whirlpool.
5. Recolector De Trub.
6. Maduradores.
7. Fermentadores.
8. Filtro.
9. BBT.
10. Producto Terminado

Fuente: Autor.

Anexo 8. ECUACIONES CALCULO DOSIFICACION DE LUPULO

$$UA_{\text{maduración}} = \frac{UA_{\text{Producto terminado}} * \text{Factor dilución}}{\text{Aprovechamiento filtración}}$$

$$UA_{\text{fermentación}} = \frac{UA_{\text{maduración}}}{\text{Aprovechamiento fermentación}}$$

$$\text{ppm } \alpha\text{- ácidos docificados} = \frac{UA_{\text{fermentación}}}{\text{Aprovechamiento cocinas}}$$

$$\text{gramos } \alpha\text{- ácidos docificados} = \frac{(\text{ppm } \alpha\text{- ácidos}) * \text{volumen cocinas}}{10}$$

$$\text{gramos Extracto de lúpulo en CO}_2 = (0.35) * \text{gramos } \alpha\text{- ácidos docificados}$$

$$\text{gramos Pellets preisomerizado} = (0.65) * \text{gramos } \alpha\text{- ácidos docificados}$$

$$\text{Dosificación Teórica de Extracto} = \frac{\text{gramos Extracto de lúpulo en CO}_2}{\text{Concentración de } \alpha\text{- ácidos del Extracto}}$$

$$\text{Dosificación Teórica de Pellets} = \frac{\text{gramos Pellets preisomerizado}}{\text{Concentración de } \alpha\text{- ácidos de Pellets}}$$

$$\text{ppm } \alpha\text{- ácidos docificados} = \frac{UA_{\text{producto terminado}} * \text{Factor dilución}}{(\text{Aprove. filtración}) (\text{Aprove. fermentación})}$$

Condiciones Teóricas

| | | Composición de Adición | Concentración de alfa – ácidos |
|---------------------------------------|---|------------------------|--------------------------------|
| Extracto de Lúpulo en CO ₂ |  | 35% | 50% |
| Pellets de Lúpulo Preisomerizado |  | 65% | 11% |

| | Aprovechamiento de Lúpulo |
|--------------|---------------------------|
| Cocinas | 60% |
| Fermentación | 68% |
| Filtración | 100% |

- Factor De Dilución = 1.674
- Volumen Por Cocimiento = 442 HL

Fuente: Autor.

Anexo 9. DOSIFICACIÓN MES DE ENERO

| DOSIFICACIÓN | | | | | | |
|--------------|---------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Fecha | Fermentadores | Alfa Ácidos (ppm) | Teórica de Extracto de Lúpulo (Kg) | Teórica de Pellets (Kg) | Real de Extracto de Lúpulo (Kg) | Real de Pellets (Kg) |
| 02-ene | 19 | 78,42 | 2,42 | 20,4 | 2,5 | 19,7 |
| 02-ene | 20 | 78,42 | 2,42 | 20,4 | 2,5 | 19,7 |
| 02-ene | 28 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 03-ene | 30 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 06-ene | 24 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 07-ene | 31 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 07-ene | 21 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 08-ene | 32 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 08-ene | 22 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 09-ene | 18 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 09-ene | 15 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 09-ene | 33 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 12-ene | 26 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,8 |
| 13-ene | 28 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 14-ene | 20 | 78,17 | 2,41 | 20,3 | 2,5 | 19,6 |
| 14-ene | 30 | 84,79 | 2,61 | 22,0 | 2,5 | 22,2 |
| 17-ene | 34 | 78,42 | 2,42 | 20,4 | 2,5 | 19,7 |
| 20-ene | 18 | 78,42 | 2,42 | 20,4 | 2,5 | 19,7 |
| 20-ene | 32 | 78,42 | 2,42 | 20,4 | 2,5 | 19,7 |
| 20-ene | 22 | 78,42 | 2,42 | 20,4 | 2,5 | 19,7 |
| 21-ene | 15 | 78,42 | 2,42 | 20,4 | 2,5 | 19,7 |
| 21-ene | 33 | 78,42 | 2,42 | 20,4 | 2,5 | 19,7 |
| 21-ene | 23 | 78,42 | 2,42 | 20,4 | 2,5 | 19,7 |
| 21-ene | 29 | 78,42 | 2,42 | 20,4 | 2,5 | 19,7 |
| 23-ene | 26 | 85,29 | 2,63 | 22,2 | 2,5 | 22,4 |
| 23-ene | 28 | 85,29 | 2,63 | 22,2 | 2,5 | 22,4 |

Fuente: Autor.

Anexo 10. DOSIFICACIÓN MES DE FEBRERO

| DOSIFICACIÓN | | | | | | |
|--------------|---------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Fecha | Fermentadores | Alfa Ácidos (ppm) | Teórica de Extracto de Lúpulo (Kg) | Teórica de Pellets (Kg) | Real de Extracto de Lúpulo (Kg) | Real de Pellets (Kg) |
| 03-feb | 29 | 84,28 | 2,60 | 21,9 | 2,5 | 22 |
| 03-feb | 26 | 84,28 | 2,60 | 21,9 | 2,5 | 22 |
| 03-feb | 28 | 84,28 | 2,60 | 21,9 | 2,5 | 22 |
| 04-feb | 19 | 84,28 | 2,60 | 21,9 | 2,5 | 22 |
| 08-feb | 20 | 84,28 | 2,60 | 21,9 | 2,5 | 22 |
| 11-feb | 31 | 84,02 | 2,59 | 21,8 | 2,5 | 21,6 |
| 11-feb | 24 | 90,38 | 2,78 | 23,5 | 2,5 | 24,4 |
| 12-feb | 21 | 88,35 | 2,72 | 23,0 | 2,5 | 23,6 |
| 12-feb | 32 | 91,40 | 2,82 | 23,8 | 2,5 | 24,8 |
| 13-feb | 18 | 91,40 | 2,82 | 23,8 | 2,5 | 24,8 |
| 13-feb | 22 | 91,40 | 2,82 | 23,8 | 2,5 | 24,7 |
| 18-feb | 26 | 90,89 | 2,80 | 23,6 | 2,5 | 24,6 |
| 18-feb | 19 | 90,89 | 2,80 | 23,6 | 2,5 | 24,6 |
| 18-feb | 30 | 90,89 | 2,80 | 23,6 | 2,5 | 24,6 |
| 23-feb | 28 | 90,64 | 2,79 | 23,6 | 2,5 | 24,5 |
| 24-feb | 21 | 90,38 | 2,78 | 23,5 | 2,5 | 24,4 |
| 24-feb | 34 | 90,13 | 2,78 | 23,4 | 2,5 | 24,3 |
| 25-feb | 31 | 90,13 | 2,78 | 23,4 | 2,5 | 24,3 |
| 26-feb | 32 | 90,13 | 2,78 | 23,4 | 2,5 | 24,3 |

Fuente: Autor.

Anexo 11. DOSIFICACIÓN MES DE MARZO.

| DOSIFICACIÓN | | | | | |
|--------------|---------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Fecha | Fermentadores | Alfa Ácidos (ppm) | Teórica de Extracto de Lúpulo (Kg) | Teórica de Pellets (Kg) | Real de Extracto Lúpulo (Kg) |
| 02-mar | 29 | 90,13 | 2,78 | 23,4 | 2,5 |
| 03-mar | 26 | 89,88 | 2,77 | 23,4 | 2,5 |
| 03-mar | 19 | 90,13 | 2,78 | 23,4 | 2,5 |
| 03-mar | 30 | 90,13 | 2,78 | 23,4 | 2,5 |
| 08-mar | 16 | 90,13 | 2,78 | 23,4 | 2,5 |
| 08-mar | 28 | 90,13 | 2,78 | 23,4 | 2,5 |
| 10-mar | 34 | 90,13 | 2,78 | 23,4 | 2,5 |
| 11-mar | 31 | 90,13 | 2,78 | 24,3 | 2,5 |
| 16-mar | 22 | 94,03 | 2,90 | 24,4 | 2,5 |
| 16-mar | 29 | 94,03 | 2,90 | 24,4 | 2,5 |
| 17-mar | 30 | 94,03 | 2,90 | 24,4 | 2,5 |
| 24-mar | 23 | 95,64 | 2,95 | 24,5 | 2,5 |
| 24-mar | 16 | 95,64 | 2,95 | 24,9 | 2,5 |
| 26-mar | 34 | 95,64 | 2,95 | 24,9 | 2,5 |
| 29-mar | 17 | 95,64 | 2,95 | 24,9 | 2,5 |
| 30-mar | 22 | 95,64 | 2,95 | 24,9 | 2,5 |
| 31-mar | 31 | 95,64 | 2,95 | 24,9 | 2,5 |

Fuente: Autor.

Anexo 12. UNIDADES DE AMARGO EN MOSTO, FERMENTACIÓN, MADURACIÓN Y PT DEL MES DE ENERO.

| Tanques Fermentadores | Amargo Mosto Frio | Amargo Fin de Fermentación | Tanque Madurador | Mezcla de Fermentadores | Amargo Maduración | Amargo P. T. | |
|-----------------------|-------------------|----------------------------|------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|-------|
| | | | | | | Aguila y Costeñita | Poker |
| 19 | 42,78 | 29,12 | 10 | 19 | 29,3 | 19,7 | --- |
| 20 | 42,18 | 28,24 | 1 | 20 | 29 | --- | 17,39 |
| 28 | 42,50 | 29,68 | 2 | 28 | 29,5 | 19,1 | --- |
| 30 | 42,46 | 28,23 | 4 | (28-30) | 29 | 19,85 | --- |
| 24 | 42,40 | 29,00 | 11 | 30 | 29,1 | 19,85 | --- |
| 31 | 42,50 | 29,50 | 6 | (24-31) | 30 | 19,55 | --- |
| 21 | 42,70 | 29,00 | 8 | 31 | 30 | --- | 16,95 |
| 32 | 43,00 | 29,66 | 13 | (31-21) | 29,5 | 19,7 | --- |
| 22 | 43,00 | 29,10 | 10 | (22-32) | 29,4 | 19,7 | --- |
| 18 | 42,50 | 28,90 | 12 | (18-32) | 29 | 19,54 | --- |
| 15 | 42,50 | 28,53 | 14 | 32 | 29 | 18,45 | --- |
| 33 | 43,10 | 31,40 | 2 | (15-33) | 29 | 19,65 | --- |
| 26 | 42,90 | 29,40 | 3 | 33 | 31 | --- | 17,36 |
| 28 | 42,94 | 31,40 | 5 | (15-33) | 29,7 | --- | 17,4 |
| 20 | 42,44 | 30,30 | 8 | (26-28) | 31 | 19,5 | --- |
| 30 | 42,00 | 31,20 | 10 | (26-28) | 31 | 20,6 | --- |
| 34 | 42,00 | 30,76 | 13 | (26-28) | 30,6 | 19,76 | --- |
| 18 | 42,86 | 30,90 | 7 | 30 | 31 | 19,76 | --- |
| 32 | 42,57 | 30,50 | 9 | (20-30) | 30,3 | 19,05 | --- |
| 22 | 42,70 | 30,00 | 11 | (20-30) | 30,2 | 19,05 | --- |
| 15 | 42,54 | 30,38 | 5 | 34 | 31 | --- | 17,24 |
| 33 | 43,00 | 31,68 | 12 | 34 | 31 | --- | 17,31 |
| 23 | 42,00 | 30,53 | 4 | (18-32-22) | 30,6 | 20,6 | --- |
| 29 | 36,60 | 26,03 | 10 | (18-32-22) | 30,2 | --- | 18,13 |
| 26 | 49,53 | 33,53 | 13 | (32-22) | 30 | --- | 17,11 |
| 28 | 43,50 | 30,61 | 7 | (15-33) | 30,5 | --- | 16,85 |
| | | | 14 | (15-33) | 31,1 | 20,33 | --- |
| | | | 6 | (33-23) | 31,17 | --- | 17,24 |
| | | | 1 | (26-29) | 29,3 | --- | 17,7 |
| | | | 2 | 28 | 30,9 | --- | 17,42 |
| | | | 9 | (29-26-28) | 30,8 | --- | 17,6 |
| | | | 12 | (29-26) | 30,9 | --- | 17,69 |

Fuente: Autor.

Anexo 13. SEGUIMIENTO DIARIO FERMENTACIÓN TANQUES GRANDES.

| Tanque Fermentador | Fecha | Amargo (U.A.) | pH | °P | Temperatura °C | | | Presión Sup. (psi) | Rebotado X |
|--------------------|--------|----------------|-----|------|----------------|------|------|--------------------|------------|
| | | | | | Sup. | Med. | Inf. | | |
| 31 | 26-nov | 39,4 | 4,5 | 13,7 | 11,9 | 11,9 | 11,6 | 3,2 | X |
| | 27-nov | 33,2 | 4,4 | 10,7 | 11,9 | 12 | 11,6 | 5,7 | |
| | 28-nov | 30,6 | 4,3 | 14,2 | 12,7 | 12,5 | 12,4 | 3,4 | |
| | 29-nov | 29,9 | 4,2 | 11,5 | 12,8 | 12,4 | 12,3 | 4,1 | |
| | 30-nov | 26,6 | 4,2 | 4,0 | 15,3 | 15,4 | 15 | 5,1 | |
| | 01-dic | 29,4 | 4,2 | 10,3 | 15,3 | 15,4 | 15 | 0 | |
| | 02-dic | 29,3 | 4,3 | 9,8 | 10,1 | 10 | 9,9 | 0 | |
| | 03-dic | 29,2 | 4,2 | 6,6 | 5,8 | 5,6 | 5,3 | 0 | |
| | 04-dic | 29,3 | 4,2 | 6,0 | 6,6 | 6,5 | 6,4 | 0 | |
| 32 | 26-nov | 42,7 | 4,3 | 15,5 | 11 | 11,1 | 10,9 | 2,3 | |
| | 27-nov | 37,9 | 4,5 | 13,8 | 12 | 12,2 | 12,1 | 1,6 | X |
| | 28-nov | 30,7 | 4,4 | 7,2 | 6,3 | 6,3 | 6,1 | 4,9 | |
| | 29-nov | 29,1 | 4,4 | 9,0 | 8,9 | 8,5 | 8,2 | 4 | |
| | 30-nov | 29,0 | 4,2 | 5,0 | 14,2 | 14,1 | 14,1 | 4,6 | |
| | 01-dic | 28,7 | 4,2 | 10,1 | 15,5 | 15,5 | 15,4 | 3,5 | |
| | 02-dic | 28,2 | 4,2 | 12,2 | 15,2 | 15,1 | 15 | 0 | |
| | 03-dic | 28,3 | 4,2 | 10,0 | 10,2 | 10,1 | 9,7 | 0 | |
| | 04-dic | 28,4 | 4,2 | 6,5 | 9,9 | 9,7 | 9,6 | 0 | |

Fuente: Autor.

Anexo 14. SEGUIMIENTO DIARIO FERMENTACIÓN TANQUES PEQUEÑOS.

| Tanque Fermentador | Fecha | Amargo (U.A.) | pH | °P | Temperatura °C | | | Presión Sup. (psi) | Rebotado X |
|--------------------|--------|---------------|------|------|----------------|------|------|--------------------|------------|
| | | | | | Sup | Med. | Inf. | | |
| 21 | 27-nov | 38,0 | 4,4 | 13 | 12 | 12,1 | 12,4 | 4,1 | X |
| | 28-nov | 34,0 | 4,2 | 13,1 | 13,2 | 13,1 | 13 | 3,9 | |
| | 29-nov | 30,0 | 4,4 | 9,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 3,7 | |
| | 30-nov | 28,9 | 4,2 | 5 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 3,1 | |
| | 01-dic | 28,8 | 4,21 | 4 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 3 | |
| | 02-dic | 28,7 | 4,22 | - | 13 | 12,9 | 12,2 | 0 | |
| | 03-dic | 28,8 | 4,22 | - | 7,4 | 7,3 | 6,9 | 0 | |
| | 04-dic | 28,9 | 4,24 | - | 8,9 | 8,8 | 8,8 | 0 | |
| | 05-dic | 29,1 | 4,2 | - | 11,9 | 11,6 | 11,4 | 0 | |
| 18 | 27-nov | 40 | 4,74 | 15,5 | 11,5 | 11,9 | 12,5 | 3,6 | |
| | 28-nov | 36 | 4,6 | 6,5 | 10,2 | 10,2 | 10,1 | 3,5 | X |
| | 29-nov | 32 | 4,78 | 8,3 | 10,7 | 10,7 | 10,7 | 4,1 | |
| | 30-nov | 30,1 | 4,23 | 7 | 15,1 | 15,9 | 15,8 | 3,6 | |
| | 01-dic | 29,4 | 4,28 | 5 | 15,2 | 15,5 | 15,9 | 3,1 | |
| | 02-dic | 29,3 | 4,3 | 4 | 15,1 | 15,4 | 15,9 | 2,4 | |
| | 03-dic | 29,2 | 4,31 | - | 13,5 | 12,2 | 11,9 | 0 | |
| | 04-dic | 29,4 | 4,31 | - | 14,6 | 14,2 | 14 | 0 | |
| | 05-dic | 29,7 | 4,2 | - | 15,9 | 15,5 | 15,1 | 0 | |

Fuente: Autor.

Anexo 15. SEGUIMIENTO DIARIO MADURACIÓN TANQUES GRANDES.

| Tanque Madurador | Fecha | Amargo (U.A.) | pH |
|------------------|--------|---------------|------|
| 4 | 06-dic | 28,97 | 4,24 |
| | 07-dic | 29,06 | 4,23 |
| | 08-dic | 28,95 | 4,22 |
| | 09-dic | 28,98 | 4,21 |
| | 10-dic | 28,92 | 4,2 |
| 8 | 06-dic | 28,91 | 4,2 |
| | 07-dic | 29,11 | 4,21 |
| | 08-dic | 29 | 4,22 |
| | 09-dic | 29,01 | 4,21 |
| | 10-dic | 28,97 | 4,21 |
| 11 | 06-dic | 28 | 4,2 |
| | 07-dic | 28,22 | 4,21 |
| | 08-dic | 28,18 | 4,21 |
| | 09-dic | 28,15 | 4,21 |
| | 10-dic | 28,13 | 4,2 |

Fuente: Autor.

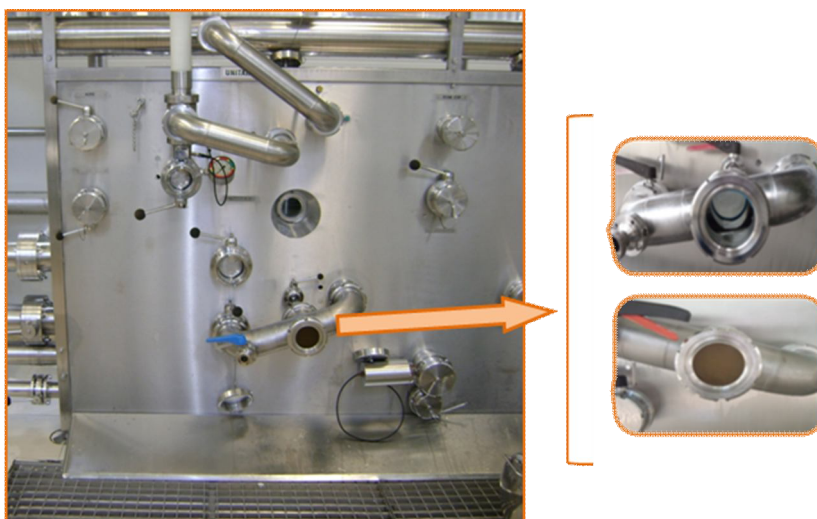
Anexo 16. SOBRELLENADO DE TANQUES MES DE ENERO.

| Tanque | Cocimiento | Tiempo Ingreso Agua Empuje Inicial (seg) | Tiempo Ingreso Agua Empuje Final (seg) | Caudal Empuje Inicial Hls/h | Caudal Empuje Final Hls/h | Calculado Hls | | Másico Hls | | Total de Agua Ingresada Hls |
|--------|------------|--|--|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | | | | | | Ingreso Agua Empuje Inicial | Ingreso Agua Empuje Final | Ingreso Agua Empuje Inicial | Ingreso Agua Empuje Final | |
| 19 | 5 | 10 | 19 | 256 | 470 | 0,7 | 2,5 | 1,0 | 2,0 | 15,0 |
| | 6 | 13 | 21 | 268 | 351 | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 2,0 | |
| | 7 | 17 | 26 | 240 | 340 | 1,1 | 2,5 | 1,0 | 3,0 | |
| | 8 | 20 | 30 | 320 | 350 | 1,8 | 2,9 | 2,0 | 3,0 | |
| 20 | 1 | 42 | 38 | 317 | 381 | 3,7 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 31,5 |
| | 2 | 38 | 43 | 318 | 380 | 3,4 | 4,5 | 3,5 | 4,0 | |
| | 3 | 40 | 38 | 314 | 386 | 3,5 | 4,1 | 4,0 | 4,0 | |
| | 4 | 47 | 41 | 320 | 384 | 4,2 | 4,4 | 4,0 | 4,0 | |
| 28 | 9 | 13 | 17 | 320 | 368 | 1,2 | 1,7 | 1,5 | 2,0 | 23,0 |
| | 10 | 18 | 19 | 342 | 359 | 1,7 | 1,9 | 1,5 | 2,0 | |
| | 11 | 17 | 20 | 331 | 354 | 1,6 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | |
| | 12 | 18 | 18 | 341 | 362 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | |
| | 13 | 19 | 16 | 328 | 363 | 1,7 | 1,6 | 2,0 | 2,0 | |
| | 14 | 20 | 21 | 339 | 360 | 1,9 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | |
| 30 | 16 | 37 | 36 | 336 | 361 | 3,5 | 3,6 | 4,0 | 4,0 | 45,0 |
| | 17 | 39 | 39 | 340 | 369 | 3,7 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | |
| | 18 | 33 | 40 | 331 | 362 | 3,0 | 4,0 | 3,0 | 4,0 | |
| | 19 | 36 | 32 | 330 | 358 | 3,3 | 3,2 | 3,0 | 3,0 | |
| | 20 | 38 | 35 | 338 | 356 | 3,6 | 3,5 | 4,0 | 4,0 | |
| | 21 | 40 | 34 | 345 | 360 | 3,8 | 3,4 | 4,0 | 4,0 | |
| 31 | 52 | 10 | 15 | 323 | 350 | 0,9 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 18,5 |
| | 53 | 12 | 14 | 338 | 357 | 1,1 | 1,4 | 1,0 | 1,5 | |
| | 54 | 21 | 13 | 331 | 343 | 1,9 | 1,2 | 2,0 | 1,0 | |
| | 55 | 15 | 17 | 347 | 341 | 1,4 | 1,6 | 2,0 | 2,0 | |
| | 56 | 21 | 14 | 332 | 338 | 1,9 | 1,3 | 2,0 | 1,0 | |
| | 57 | 25 | 17 | 338 | 337 | 2,3 | 1,6 | 2,0 | 1,5 | |
| 15 | 76 | 27 | 25 | 347 | 364 | 2,6 | 2,5 | 3,0 | 3,0 | 25,0 |
| | 77 | 31 | 28 | 343 | 361 | 3,0 | 2,8 | 3,0 | 3,0 | |
| | 78 | 28 | 31 | 358 | 349 | 2,8 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | |
| | 79 | 35 | 30 | 359 | 352 | 3,5 | 2,9 | 4,0 | 3,0 | |

Fuente: Autor.

Anexo 17. VISOR DEL BASCULANTE.

Este basculante tiene un visor en el cual se puede observar la interface de agua-mosto, en otras palabras, se puede ver cuando pasa agua o mosto por la conexión.



Fuente: Autor.

